

陸上競技学会誌

Japan Journal of Studies in Athletics

● 研究

学生上級競技者の主要競技会における
パフォーマンスの達成に関する研究
—トラック種目における近年の動向から— … 1
青山亜紀

日本一流走幅跳選手における踏切準備動作… 8
伊藤信之, 阿江通良, 小山宏之,
村木有也, 関子浩二, 松尾彰文,
山田真由美, 平野裕一

男子やり投日本トップ選手における
投てき動作の縦断的評価 ……18
村上幸史, 田内健二, 遠藤俊典,
村上雅俊, 本道慎吾, 畑瀬 聡

● 陸上競技Round-up

学習指導要領の改訂を踏まえた「陸上運動
・競技」の課題と学会の役割 ……27
池田延行

バイオメカニクスの知見を背景にした男子
やり投げの投てき技術：レビュー ……33
田内健二

● 日本陸上競技学会第7回大会

～陸上競技のトレーニング再考～
基調講演 ……40

朝岡正雄 (司会・石塚 浩)

シンポジウムⅠ ……48

：陸上競技トレーニング期分けの現在

村木征人, 渋谷俊浩

(コーディネーター・加藤 昭)

シンポジウムⅡ ……61

：体力トレーニング再考

尾縣 貢, 森丘保典

(コーディネーター・小木曾一之)

特別講演 ……76

：競馬に向けてのサラブレッドのトレ

ニング—馬スポーツ科学からの提言—

平賀 敦

● 日本陸上競技学会会則

Vol.7,
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の達成に関する研究 —トラック種目における近年の動向から—

青山亜紀¹⁾

A study on performance achievement of student top athletes in major competitions —Analyzing recent results of track events—

Aki Aoyama¹⁾

Abstract

This study is to examine the relationship between different arrangement patterns of major competitions and the performance, taking student top athletes in track events as the subjects.

The obtained results are as follow ;

1. In the Regional Intercollegiate Championship series (hereinafter called : Regional I.C.) fixed in May, the athletes exerted high performance levels in all the patterns.
2. There were differences among performances in the National Intercollegiate Championship series (hereinafter called : National I.C.) depending on the patterns of competition arrangement.
 - (1) The first pattern with the long interval of 4 months between the 2 major competitions is considered to be a possible arrangement to make two peaks (the Regional I.C. and the National I.C.) in the performance.
 - (2) In the second pattern where the interval was within the sport-form—maintainable period, the National I.C.'s performance was higher than the Regional I.C.'s. Therefore this pattern is considered to be a possible arrangement to raise the second peak still higher.
 - (3) The third pattern with the short interval of 4 weeks, is considered to be an arrangement which might possibly deteriorate the second competition's performance.
3. The personal best record and the Season's best record occurrence ratios didn't show any differences among the different competition arrangements. The arrangements and the peak occurrence ratios seem to be unrelated.

キーワード：競技的状态，学生上級競技者，パフォーマンス，競技会配置，トラック種目

1. はじめに

競技スポーツにおけるトレーニングの主な目的は、「選手の状態を正しく導くことを基本的に考えながら、目指す主要競技会における選手のパフォーマンスを高いレベルに到達させること」(Bompa, 1999)である。したがって、選手やコーチたちはその目的を達成するために構造化されたトレーニングを適切に行っていくことが必要となる。この問題にいち早く着目し、年間を通して期分け(periodization)をしたうえでトレーニングを行うという現在のトレーニング学の礎を築いたのが、マトヴェイエフ(1985)である。1960年代に発表されたマトヴェイエフ理論とも呼ばれる彼のトレーニング期分け論は、

多数の客観的データを元に構築され、競技スポーツの世界で多くの実績を上げてきた(マトヴェイエフ, 1985)。

このマトヴェイエフ理論の中核的な存在となる、適切なトレーニングを通じて競技的発達の新しい段階毎に到達する最高の力を備えた状態、いわゆる『競技的状态』(注1)に選手を導くことができなければ、最高のパフォーマンス発揮は困難であると考えられる。そして、この『競技的状态』にあるかどうかの判断を行う評価指標も設定されている(マトヴェイエフ, 1985)。しかしこの評価指標は、『競技的状态』にあるかどうかの、ある一定の幅を持った『ゾーン』である。したがって、特定の最重要競技会へのピンポイント(点)での評価基準ではなく、それらをも含めたある一定の基準以上のハイレベルな競技達成を実現しうる、選手が多面的に準備された状態(村木, 2008)を判断するものである。今日、主要競技会における競技パフォーマンスの出力は、競技スポーツの世界において大変重要な問題となっている。特に、最重要競技会において自己最高記録もしくは今季最高記録をマークすることは、最大の賛辞に値するだろう。しかし、実際に目標としている主要競技会において最高のパフォーマンスを発揮することの困難さは周知の事実である。とりわけ近年においては、競技会日程の過密化などにより、試合期において前述した競技的状态を維持することが困難となり、その結果、主要競技会において最高のパフォーマンスを発揮できないという問題がトップアスリートにおいて生じている(Verchoshanskij, 1999)。

本来、競技会日程はトレーニングの合理性を考慮して決定されるべきであるにもかかわらず、多くの場合、主催者側の都合などで決定されているのが実情である(村木, 1994 a)。今日、このような問題はトップアスリートに限ったことではなく、学生競技者においても同様の問題が生じていると思われる。したがって、トレーニングの合理性とは無関係に過密化された競技会日程に対しては、十分な論拠を持ったトレーニング学側からの批判が不可欠であることから、パフォーマンス動態の研究を行っていく必要がある(村木, 1999)と思われる。

1) 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

現在に至るまで、この問題に対する客観的資料のほとんどが国内外のトップアスリートについてのもの（Krüger, 1973；マトヴェイエフ, 1985；村木, 1989；藤川ほか, 2007；佐久間ほか, 2007）であり、学生競技者について検討したもの（青山, 2007, 2008）は大変少ない。

そこで本研究では、陸上競技のトラック種目に着目し、学生上級競技者が、主要競技会において最高のパフォーマンスを発揮することに成功しているか否かについての現状を明らかにし、パフォーマンスの出力と競技会配置との関係について検討することを目的とした。

2. 方法

2.1, 分析対象

(1) 対象とする競技会

陸上競技の競技者にとって、ひとつのシーズンに行う競技会は数多くある。しかし出場する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。したがって、それらの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（ボンパ, 2006）。

学生競技者にとって目標とする重要な競技会のひとつとして、学生のみ出場することができ、さらに各地区および日本の大学の頂点を決定する対校選手権大会があげられる。各地区の学生陸上競技対校選手権大会（以下、地区インカレとする）は、競技会自体のレベルの差が認められる地区もあるが、各地区の頂点を決定するという意味においては、日本の大学の頂点を決定する日本学生陸上競技対校選手権大会（以下、日本インカレとする）と共に、学生競技者にとって最も重要な競技会として位置づけられると考えられる。もちろん日本選手権や、さらにその上位の世界大会を目指す学生競技者にとってもこの2つの競技会は、学生の頂点を決定する試合であるということから考えると、重要な競技会として位置づけられていると仮定することができる。したがって、本研究では地区インカレ、日本インカレの2つの競技会を分析対象とする。

(2) 分析対象種目および分析対象者

本研究では、陸上競技の多くの種目の中から競争形態および技術特性を考慮し、他律的な一斉スタートで開始され、直接競争の形式でタイムを競い合うトラック種目（村木, 2008）を選択した。さらにその中で、運動の問題が発生しやすい循環運動から非循環運動への結合・転換期（村木, 1994 b）を含まない、循環運動のみで構成されている種目の中から短距離を代表して100 mを、中距離からは800 mを、そして長距離からは10000 mを選択し、分析対象種

目とした。これらの種目の競技者のうち、①各年度の地区インカレにおいて8位以内に入賞していること、②各年度の日本インカレに出場し、記録を残していること、の2つの条件を満たしている2000年から2007年度までの日本ランキング男女上位各8名（年度、種目により8名に満たない場合もある）の計329名の学生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地区インカレと日本インカレの記録を分析対象とした。地区インカレに関しては決勝記録を、日本インカレにおいては各対象者の予選以上の最上位ステージの記録を対象とした。

なお、この分析に用いた記録は陸上競技マガジン（ベースボールマガジン社）および社団法人日本学生陸上競技連合が運営する公式サイトに掲載されたものを利用した（注2）。また、先行研究（Krüger, 1973）にならい、ここでのデータは競技結果（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定義し、分析を行った。

(1) 記録達成率

主要競技会において発揮されたパフォーマンスレベルについて検討するため、年間最高記録に対する主要な2つの競技会における記録の割合を記録達成率とした。

(2) ピーク出現率

分析対象競技会での年間最高記録および自己最高記録の出現の割合をピークが出現したとみなし、ピーク出現率とした。

2.3, 競技会配置

表1は、2000年度から2007年度までの主要な2つの競技会（地区インカレ、日本インカレ）の日程を示したものである。

本研究で分析対象としたわずか8年の間に、主要な2つの競技会の配置が大きく2度変化しており競技会配置のパターンとして3つに分類することができる。以下、これを第1パターン（2000年～2002年）、第2パターン

表1 主要競技会の日程

	年度	地区インカレ	日本インカレ
第1パターン	2000年	5/14,19～21	9/1～3
	2001年	5/13,18～20	9/28～30
	2002年	5/12,16～18	9/6～8
第2パターン	2003年	5/11,16～18	7/4～6
	2004年	5/14～17	7/2～4
	2005年	5/8,13～15	7/1～3
第3パターン	2006年	5/13,14,20,21	6/9～11
	2007年	5/12,13,18,19	6/8～10

注) 地区インカレについては例として関東インカレの日程を示した。

(2003年～2005年), 第3パターン (2006年～2007年) とする。

まず, 第1パターンは, 各地区インカレが5月, 日本インカレが9月に行われている。すなわち, 主要な2つの競技会の間隔が約4ヶ月あいているという競技会配置となっている。

第2パターンは, 各地区インカレは第1パターンと同様に5月に, そして日本インカレが7月に行われており, その間隔が約2ヶ月と短縮された競技会配置のパターンである。

そして第3パターンは, 各地区インカレについては例年通り5月に行われているが, 前年度までに6月に行われていた日本選手権と7月に行われていた日本インカレが入れ替わるパターンとなった。すなわち, 主要2競技会の間隔がさらに短くなり, 約4週間となった競技会配置のパターンである。

2.4, 統計処理

記録達成率については, 2元配置の分散分析 [インカレ (地区インカレ・日本インカレ) ×パターン (第1パターン・第2パターン・第3パターン)] を行った。その結果, F値に有意差が認められた場合には, Bonferroniの多重比較の検定を行った。また, ピーク出現率のパターン間での比率の差の有意差検定は Fisherの直接法を用いた。なお, 統計処理の有意性は, 危険率5%水準で判断した。

3. 結果

3.1, 記録達成率について

表2に, 競技会配置のパターン別の地区インカレ, 日

本インカレの記録達成率を, 平均値および標準偏差で示した。

第1パターンの地区インカレの記録達成率は $98.04 \pm 1.73\%$, 日本インカレの記録達成率は $97.88 \pm 2.10\%$ で, 両者の間に有意な差は見られなかった。

第2パターンにおける地区インカレの記録達成率は $98.19 \pm 1.27\%$ であった。これに対し日本インカレでは $98.73 \pm 1.27\%$ と, 地区インカレに比べて 0.54% 有意に高い値であった。

第3パターンでは, 地区インカレにおける記録達成率が $98.33 \pm 1.35\%$ であり, 日本インカレは地区インカレより 0.60% 有意に低い $97.73 \pm 2.47\%$ であった。

また, 地区インカレにおける記録達成率について各パターンの間に有意な差は見られなかったが, 日本インカレでは, 第2パターンが第1パターン, 第3パターンより有意に高い値であった。

なお, 各パターン, 各種目における地区インカレ, 日本インカレでの記録達成率に有意差は見られなかった。

3.2, ピーク出現率について

表3は, 競技会配置の各パターンにおける地区インカレ, 日本インカレで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。

第1パターンの地区インカレにおいては20人が年間最高記録をマークし, ピーク出現率は 16.67% であった。日本インカレでは21人, ピーク出現率は 17.50% であった。第2パターンの地区インカレでは14人が年間最高記録をマークし, ピーク出現率が 11.11% であったのに対し, 日本インカレでは32人, 25.40% であった。第

表2 競技会配置のパターン別における地区ICと日本ICの記録達成率

	第1パターン n=120	第2パターン n=126	第3パターン n=83	分散分析	多重比較
地区IC 記録達成率(%)	98.04 ± 1.73	98.19 ± 1.27	98.33 ± 1.35		
日本IC 記録達成率(%)	97.88 ± 2.10	98.73 ± 1.27	97.73 ± 2.47	*	$P2 > P1^*, P2 > P3^*$
平均値の差	0.16	-0.54 *	0.60 *		
* $p < 0.05$					

表3 競技会配置とピーク出現率の関係

ピーク出現率	試合配置のパターン			Fisherの直接法	
	第1パターン n=120	第2パターン n=126	第3パターン n=83	全体 n=329	統計値
地区インカレ	16.67% (20)	11.11% (14)	16.87% (14)	14.59% (48)	0.253656
日本インカレ	17.50% (21)	25.40% (32)	14.46% (12)	19.76% (65)	
ピーク出現なし	65.83% (79)	63.49% (80)	68.67% (57)	65.65% (216)	ns

注) 括弧内は当該の実数

3 パターンの地区インカレでは 14 人が年間最高記録をマークし、ピーク出現率は 16.87% であった。そして日本インカレでは 12 人、ピーク出現率は 14.46% であった。

また、競技会配置の相違が、地区インカレおよび日本インカレにおける自己最高記録および年間最高記録出現に影響を及ぼすかについて検討するため、Fisher の直接法を用いて検定を行った結果、有意な差が認められず、両者の間に関連性のないことが明らかになった。

4. 考察

4.1, 競技会配置の相違が記録達成率に及ぼす影響

競技会配置の相違が記録達成率にどのような影響を及ぼすかについて検討するため、はじめに、各パターンの競技会配置がどのようなパターンで、どのような問題点があるかを整理した上で、競技会配置と記録達成率との関係を考察する。

第 1 パターンは、主要な 2 つの競技会の間隔が約 4 ヶ月あいており、5 月に地区インカレが、そして 9 月に日本インカレが配置されているパターンとなっている。このような競技会配置については以前から様々な問題点が指摘されてきた。主要な 2 つの競技会の間隔が長期にわたっているため、4 月前後から開始される記録会から 10 月に行われる国民体育大会を含めると、全体として試合期間が約 7 ヶ月となってしまう。よって、マトヴェイエフによって指摘されているように、競技的状态を維持することのできる 4~5 ヶ月という期間（マトヴェイエフ, 1985）を超してしまうこと、また、主要な 2 つの競技会の間である中間段階は、年間におけるトレーニングの二重周期（ダブルサイクル）を形成するための準備期間としては短すぎることから、一貫した記録の向上を求めるには極めて不利な条件を招く（村木, 1975）可能性のある競技会配置であると考えられる。

第 2 パターンは地区インカレは第 1 パターンと同様に 5 月に、そして日本インカレが 7 月に行われており、その間隔が 2 ヶ月と短縮された。この競技会配置は、前述した競技的状态の維持期間の範囲内に主要 2 競技会がおかれているため、地区インカレにおける競技的状态を低下させることなく、日本インカレにおいて高いパフォーマンスを発揮することができる可能性があると考えられる。

そして第 3 パターンは、地区インカレは例年通り 5 月に行われているが、前年まで 6 月に行われていた日本選手権と 7 月に行われていた日本インカレが入れ替わるタイプとなり、主要 2 競技会の間隔が約 4 週間とさらに短くなった。村木（1992）はトレーニング計画について、主要な競技会日程やトレーニングの諸条件を考慮しながら試合期に向かって競技的状态を形成し、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した合理的なトレーニング構成を意味するとしている。そしてその中でも最重要競技会に対しては、さらに特別の準備期間を設けて取り組む場合が多い（村木, 2002）としている。

また、高密度の緊張と精神集中を要した大試合の後では、中枢神経系の活動能力は著しく低下し、その回復には 1~2 週間またはそれ以上を要することも稀ではないと述べている。最もパフォーマンスが安定・維持される高次活動期間にあり、高度な競技会における負荷に対しても安定した競技達成を目指して専門的に強化を行っているトップレベルの競技者であれば、競技会そのものがトレーニング刺激の最高的手段・方法となる。したがって、短期間に連続する競技会を刺激として競技的状态を高めていくことも可能である（村木, 1994 a）が、その一方で傷害を招くなどのリスクを生じる恐れも免れない。また、競技的状态を維持することは可能であっても、短い期間にピークを 2 度出現させることは前述した理由からトップレベルの選手においてもかなり困難なことであると思われる。さらに、本研究の分析対象者である学生競技者の多くは、トレーニングの完成度、競技力のレベルおよび競技会の経験など、トップレベルの競技者のレベルには達していないと思われる。したがって、第 3 パターンの競技会配置では主要競技会の間隔が 4 週間と大変短く、地区インカレ後の競技力の回復および、日本インカレに向けての特別の準備態勢を整えるだけの時間が足りないということが推察され、日本インカレでのパフォーマンスの低下が生じるという問題が仮説として考えられる。

これら 3 つのパターンの競技会配置は全て、地区インカレは 5 月に固定されており、それに対して日本インカレの配置が変化している。この配置の変化は、地区インカレの後の主要競技会までの間隔が第 1 パターンでは約 4 ヶ月、第 2 パターンでは約 2 ヶ月、第 3 パターンでは約 4 週間というものであった。

地区インカレは各地区のトップを決定する対校戦であるため、とりわけ総合優勝のかかっている大学の競技者にとっては大変重要な競技会となり、地区インカレの後に続く日本インカレのために力を温存するというような競技力のコントロールを行うということは考えにくい。したがって、日本一を決定する日本インカレと同様に最高のパフォーマンスの発揮を目指していると考えられる。このような理由から、地区インカレにおいては各パターンとも同様のパフォーマンスレベルになるであろうということが予想できる。本研究の結果を見ると、地区インカレの記録達成率の各パターン間には有意な差が認められず、第 1 パターンでは $98.04 \pm 1.73\%$ 、第 2 パターンでは $98.19 \pm 1.27\%$ 、第 3 パターンは $98.33 \pm 1.35\%$ であった。この値はオリンピック・ソウル大会における陸上競技のトラック種目の競技達成率（自己記録を 100 とし

た際の試合記録の割合)である98.0%とほぼ同様の値であった(村木, 1994 a). また、マトヴェイエフによる競技的状态の判定基準である年間最高記録のマイナス2%レベル(マトヴェイエフ, 1985)の中にも含まれる値であった。これらのことから、各パターンとも地区インカレにおいては高いパフォーマンスを発揮していたといえることができる。したがって、地区インカレで高いパフォーマンスを発揮した後、次の主要競技会までの間隔のパターンごとの相違により、日本インカレでの記録達成率に変化が生ずることが考えられる。

第1パターンにおける日本インカレの記録達成率は $97.88 \pm 2.10\%$ であり、地区インカレに対して有意な差は見られなかった。これは、地区インカレと同様に日本インカレにおいても同様の高いパフォーマンスを発揮したということである。しかし前述した仮説では、約4ヶ月である主要な2つの競技会の間隔において、競技的状态の維持が困難となり日本インカレにおいてパフォーマンスが低下すると推察していたが、本研究の対象者であるトラック種目の競技者にとって第1パターンは、地区インカレでの競技的状态を低下させることなく2つめのピークを形成することが可能な競技会配置であったと考えることができる。

第2パターンでは、日本インカレの記録達成率は地区インカレと比較して、0.54%も有意に高い値であった。この結果は前述した仮説の通り、地区インカレの競技的状态を維持したまま日本インカレにおいて高いパフォーマンスを発揮することが出来たと考えられる。さらに、第2パターンでの記録達成率は第1パターン、第3パターンより有意に高いものであったことから、他のパターンの競技会配置より第2パターンの競技会配置が2つめのピークの形成に有利であったと推察することができる。

第1パターンおよび第2パターンでは地区インカレから日本インカレへのパフォーマンスレベルの低下は見られなかったが、第3パターンでは唯一、日本インカレでのパフォーマンスの低下が生じた。第3パターンでの日本インカレの記録達成率は $97.73 \pm 2.47\%$ と、地区インカレに比べて有意に低い値であった。この結果から、地区インカレ後日本インカレまでの約4週間という短い期間では、学生競技者のレベルにおいては第2のピークを形成するどころか、競技力の回復および改善を行う事が困難であったということを示している。

以上の結果から、競技会配置の相違が記録達成率に与える影響についてまとめてみると、主要な2つの競技会の間隔が約4ヶ月と長かった第1パターンでは地区インカレと日本インカレにおける2つのピークを形成することが可能な競技会配置であったと考えられる。また、主要な2つの競技会の間隔が競技的状态の維持期間の範囲内に配置されていた第2パターンでは、日本インカレである2つめのピークをさらに高めることが可能な競技会

配置であったと考えられる。そして主要2競技会間が約4週間と短かった第3パターンでは、2つめの競技会でのパフォーマンスの低下を引き起こす可能性のある競技会配置であったと推察できる。

4.2, 競技会配置の相違がピーク出現率に及ぼす影響

目標とする大試合で、最高のパフォーマンスを発揮することの困難さは以前から指摘されている(村木, 1978, 1989). 村木(1989)は、ソウルオリンピック大会における陸上競技全体での自己記録更新率はわずか15.4%で、決勝進出者に限っても21.0%、さらに競技別に見た場合、トラック競技全体では19.2%であったとしている。本研究においても地区インカレでのピーク出現率の平均は14.59%、日本インカレでは19.76%であり、競技レベルの違いはあっても、やはり重要な競技会で自己最高記録を出すことの困難さは同様であることが明らかとなった。

また、前述した記録達成率の結果から、他の2つの競技会配置のパターンと比較して第2パターンでは日本インカレにおいて高いパフォーマンスを発揮していたため、ピーク出現率に関しても第2パターンでの割合が高くなることが推察された。しかし、競技会配置が変化してもピークを出現した者の割合には差が見られず、競技会配置とピーク出現率の間には関連性のないことが明らかになった。

以上のことから、主要競技会においてある程度高いパフォーマンスを発揮することは可能であるが、自己最高記録を出現させるということは大変困難であり、村木(1989)が述べているように、スポーツ科学が飛躍的に発展した今日に至ってもいまだに有効なピーキングの制御方法は一般化されてはいないと考えられる。

4.3, 実践への示唆および今後の課題

本研究の結果から、日本インカレでのパフォーマンスレベルの違いが生じた原因は、上記に述べたように主要な2つの競技会の間隔の相違によることが大きな要因のひとつであったと考えられる。3つの競技会配置のパターンのうち日本インカレでのパフォーマンスレベルが最も高かった第2パターンでは、その間隔が2ヶ月と、競技的状态の維持期間という観点から見て理想的なタイプの競技会配置であった。一方で、この第2パターンと比較して日本インカレでのパフォーマンスレベルが明らかに低下し、さらに、地区インカレより日本インカレにおけるパフォーマンスレベルが低下した唯一のパターンである第3パターンは、主要な2つの競技会の間隔が4週間という大変短い期間であった。

本来、競技日程はトレーニングの進行と競技パフォーマンスを促進するものであり、トレーニングの周期化の客観的合理性に合致して計画されたときに、初めて積極的な意味をもつ(魚住, 2001)こととなる。しかし実際には、競技会配置については主に主催者側の都合により決定されるため、競技者側で配置を変更することは不可

能である。したがって、競技会配置によるパフォーマンスレベルの低下を防ぐためには、主要な2つの競技会の間におけるトレーニング構成が重要な意味を持つこととなるであろう。これらはトレーニング周期のメゾ・サイクルの内容を検討することの必要性和共に、ミクロサイクルにおける詳細な検討がトレーニングの成否の鍵を握っていると考えられる。特に第3パターンの競技会配置のような4週間という大変短い期間におけるトレーニング構成では、ミクロサイクルのタイプと配置に考慮することが重要であり、トレーニング計画をプランニングするコーチの采配が結果を左右するであろう。この点についてはさらなる検討が必要である。

また、本研究の結果は、分析対象とした陸上競技のトラック種目の100 m, 800 m, 10000 mにおける学生上級競技者についてのものであるため、今後は様々な種目について、さらに、ジュニア期などの他の段階の競技者についての検討も必要であると思われる。

5. まとめ

本研究は、陸上競技のトラック種目のうち短距離、中距離、長距離を代表した100 m, 800 m, 10000 mの学生上級競技者を対象として、主要競技会の配置の相違とパフォーマンスの達成との関係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。

1. 配置が5月に固定されている地区インカレに関しては、全てのパターンで高いパフォーマンスが発揮されていた。
2. 競技会配置の相違により、日本インカレでのパフォーマンスに違いが見られた。
 - (1) 主要な2つの競技会の間隔が約4ヶ月であった第1パターンでは、地区インカレと日本インカレの2つのピークを形成することが可能な競技会配置であったと考えられた。
 - (2) 主要な2つの競技会の間隔が競技的状态の維持期間の範囲内に配置されていた第2パターンでは、地区インカレより日本インカレにおけるパフォーマンスが高かったことから、2つめのピークをさらに高めることができる可能性のある競技会配置であったと考えられた。
 - (3) 主要な2つの競技会の間隔が約4週間と短かった第3パターンでは、2つ目の競技会のパフォーマンスの低下を引き起こす可能性のある競技会配置であったと推察できた。
3. 競技会配置が変化しても自己最高記録および年間最高記録が出現する割合に差は見られず、競技会配置とピーク出現率の間に関連性のないことが明らかになった。

注記

- (1) 競技的状态

マトヴェイエフは、スポーツトレーニングの周期性を問題にする際に対象となるものを“Спортивнойформы”と名づけ、『競技者が適切なトレーニングを通じて競技的発達の新しい段階毎に漸次到達する最高の力を備えた状態』と概念規定した(マトヴェイエフ, 2003, 2008; 魚住, 2001)。現在、この“Спортивнойформы”については様々な訳語が存在する。“スポーツ・フォーム”“トップ・フォーム”“トップ・コンディション”“ベスト・コンディション”“スポーツ・コンディション”“競技的状态”など(バイヤー編, 1993; 日本体育学会監修, 2006)である。この中で、“トップ・コンディション”および“ベスト・コンディション”は、トレーニングの実践用語として選手の身体的状態ないしは体力的側面を中心とした用いられ方をする“コンディション”と混同される可能性がある。また、“スポーツ・フォーム”および“トップ・フォーム”に用いられている“フォーム”という語は、わが国においては運動をしているときの姿勢や形という意味としての認識が強いと思われる。また、村木(2002)は、『トップフォームやトップコンディションなるカタカナ用語を用いたが、日本での運動フォームへの根強い固定観念や先入観による誤解を避けるため、「競技的状态」なる語を用いることにした経緯がある。』としている。

したがって、この“Спортивнойформы”について、競技パフォーマンスを生み出す、多面的に準備された選手の状態という概念であることに重きを置き、本研究では村木(2002)の意味で“競技的状态”を用いることとした。

(2) 各地区インカレの記録は、陸上競技マガジン(ベースボールマガジン社)の2000年~2007年7月号、2000年~2002年までの日本インカレの記録および2000年~2007年度の日本インカレのベスト記録は、陸上競技マガジン記録集計号、2003年~2007年度の日本インカレの記録に関しては、社団法人日本学生陸上競技連合が運営する公式サイトに掲載された記録を用いた。

文献

- 青山亜紀(2007) 女子学生競技者の主要試合におけるピーキングの現状—陸上競技走幅跳の場合—。日本女子体育大学スポーツトレーニングセンター紀要, 10: 20—23。
- 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。
- バイヤー編: 朝岡正雄監訳(1993) スポーツ科学辞典。大修館書店: 東京, pp.412—413。
- 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.
- 藤川健司・佐久間康太・谷川聡・河合季信・村木征人（2007）陸上競技跳躍種目における競技的状态の判定ゾーンの再検討．日本スポーツ方法学会第18回大会大会号，p.54.
- Krüger, A. (1973) Periodization, or peaking at the right time. *Track Technique*, 54: 1720-1724.
- マトヴェイエフ：江上修代訳（1985）ソビエトスポーツトレーニングの原理．白帝社：東京，pp.316-345.
- マトヴェイエフ：渡邊謙監訳・魚住廣信訳（2003）スポーツ競技学．ナッブ：東京，pp.260-265.
- 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．ナッブ：東京，pp.513-568.
- 村木征人（1975）トレーニングの周期構造とトレーニング計画．*陸上競技マガジン*，25（14）：24-35.
- 村木征人（1978）トレーニング活動の記録と計画性．*新体育*，48（6）：404-419.
- 村木征人（1989）オリンピック大会（陸上競技）での競技達成度に関するトレーニング論的考察．*日本体育学会第40回大会号*：p.584.
- 村木征人（1992）トレーニング計画一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 a）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（1994 b）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（1）：129-138.
- 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.
- 日本体育学会監修（2006）*スポーツ科学事典*．平凡社：東京，p.700.
- 佐久間康太・藤川健司・谷川聡・河合季信・村木征人（2007）陸上競技短距離・障害種目における競技的状态判定基準ゾーンの再検討．*日本スポーツ方法学会第18回大会大会号*，pp.53.
- 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.

日本一流走幅跳選手における踏切準備動作

伊藤信之¹⁾, 阿江通良²⁾, 小山宏之²⁾, 村木有也³⁾, 図子浩二⁴⁾, 松尾彰文⁵⁾, 山田真由美⁵⁾, 平野裕一⁵⁾

Techniques used by Japanese elite long jumpers in preparation for takeoff

Nobuyuki Ito¹⁾, Michiyohi Ae²⁾, Hiroyuki Koyama²⁾, Yuya Muraki³⁾, Koji Zushi⁴⁾, Akihumi Matsuo⁵⁾, Mayumi Yamada⁵⁾, Yuichi Hirano⁵⁾

Abstract

The present study was conducted to clarify the type of motion performed to lower the center of gravity of the long jumper during the phase of the preparation for takeoff by comparing approach and preparation for takeoff, and to examine the effects of the preparation for takeoff on good or bad jump performance. The subjects were 5 Japanese elite long jumpers. They were videotaped during the sixth-to fifth-last stride (approach) and the second-last to last stride (preparation for takeoff) with two panning high speed VTR cameras (200 fps). Each jumper performed a total of 3 to 6 trials. Trial jumps with the highest and lowest records were set as "top level trial jump" (7.49 ± 0.15 m) and "lower level trial jump" (7.13 ± 0.12 m), respectively; a total of 10 trial jumps was analyzed. Two dimensional coordinates of the body landmarks were obtained by digitizing VTR images. Running velocity, stride length, stride frequency and running kinematics were computed. The vertical velocity at takeoff into the second-last stride was significantly smaller than that during approach ($p < 0.01$). The downward swinging speed of the thigh when the last-stride touched the ground was significantly smaller than that during approach ($p < 0.01$). Therefore, we assumed that the center of gravity had decreased in the flight phase during the second-last stride. It was suggested that vertical velocity at takeoff into the second-last stride was small because the peak vertical acceleration of the center of gravity during the support phase of the second-last stride was significantly smaller than that during approach ($p < 0.05$), and a backward extension of the supporting leg was suppressed. The horizontal velocity of the second-last stride of top trial jumps was higher than that of lower level trial jumps ($p < 0.01$). It was suggested that the angular displacement of the knee and the mean angular velocity of the thigh during the first half of the support phase of the second-last stride were related to the approach speed. The mean angular velocity of the shank of the takeoff leg during the support phase of the last stride for the top level trial jumps was significantly higher than that for the lower level trial jumps. This result suggests that the prompt recovery of the takeoff leg in a forward direction after the takeoff into the second-last stride affects the motion of the takeoff.

キーワード：走幅跳, 踏切準備動作, 助走, 日本一流選手

1. 緒言

走幅跳で跳躍距離を伸ばすためには、助走において水平速度を高め、踏切で効果的に鉛直速度を獲得することが課題となる(村木ら, 2004 a). 踏切での水平速度の減少と鉛直速度の増大は相互依存の関係となるが(Bosco et al., 1976; Koe and Hay, 1990), 踏切接地時に踏切足を身体重心のより前方に接地することは、大きな鉛直速度を獲得することにつながると考えられる(Coe, 1997). 踏切足を前方に接地するためには、踏切接地時の身体重心高が低くなっていることが条件となる(Lees and Fowler, 1993). また、接地の際、下向きの鉛直速度が大きくなると踏切前半での鉛直速度の増大を妨げることになるため、踏切接地までにあらかじめ身体重心を低くしておくことが必要となる(村木ら, 2004 a). したがって、踏切準備の課題は、助走で得られた身体重心の水平速度をなるべく保持しつつ、身体重心を下げ、踏切に移行することにあると言える。走幅跳の記録には踏切が最も大きな影響を及ぼすが、一流競技者となると踏切準備がそれ以上に重要になってくると考えられるため(阿江ら, 1999), 踏切準備は、跳躍の成否に大きな影響を与えるとされている(森長ら, 2003; 村木ら, 2005 b).

踏切準備局面での身体重心高の下降は、主に踏切2歩前の離地から踏切1歩前の接地までの空中局面で行われることが報告されている(Nixdorf and Bruggemann, 1983). また、助走中の最高速度は、踏切3歩前もしくは2歩前(Hay et al., 1986; 小山ら, 2008 a)で記録されることから、踏切2~1歩前を踏切準備動作の行われる局面として位置づけることができる。この踏切準備を行うため、助走のラスト2歩で、踏切2歩前のストライド

- 1) 横浜国立大学教育人間科学部 Faculty of Education and Human Sciences, Yokohama National University
〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-2
- 2) 筑波大学体育科学系 Health, Physical Education and Sports Sciences, University of Tsukuba
〒305-8574 つくば市天王台 1-1-1
- 3) 大阪体育大学大学院 Osaka University of Health and Sports Sciences 〒590-0496 大阪府泉南郡熊取町朝代台 1-1
- 4) 鹿屋体育大学体育学部 Faculty of Physical Education, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya
〒893-2393 鹿児島県鹿屋市白水町 1 番地
- 5) 国立スポーツ科学センタースポーツ科学研究部 Japan Institute of Sports Sciences
〒115-0056 東京都北区西が丘 3-15-1

を長く、踏切1歩前を短くする「長一短」のパターンが用いられることが多い(Coe, 1997; Panoutsakopoulos and Kollias, 2007). しかし, Hay et al. (1986) は, 助走ラスト2歩の歩幅の長さの比は個人差が大きく, 公式記録との間に有意な相関関係が見られなかったことから, 踏切前2歩のリズムを強調しすぎるべきではないとしている. また, 川本・池田(2003)は, 意図的に踏切2歩前のストライドを長くしたところ, 踏切1歩前で減速が大きくなり, 失速しながら踏み切る跳躍が多くなったと報告している. これらのことは, ストライドの「長一短」のパターンを意識して模倣するだけでは, 踏切準備の課題を達成することができないことを示唆するものといえよう.

村木ら(2004a)は, 踏切準備局面で対照的な動作を行っていた2名を比較し, 踏切1歩前の速度低下を抑えることのできた者は, 踏切2歩前の支持期で後方へのけり出しを抑え, 離地時の鉛直速度を抑えていたと報告している. また, 阿江ら(1999)は, 世界一流走幅跳選手と日本選手の踏切準備動作を比較し, 世界一流選手では2歩前の支持期に膝を屈曲することで身体重心を下げる動作が完了していると報告している. しかし, これらの動作と助走ラスト2歩の「長一短」のパターンとの関係については明らかになっていないとは言えず, 適切な踏切準備動作を行うためには, これまでに報告されていない別の動作による要因が関係している可能性が大きいと考えられることから, さらに検討を重ねる必要があると思われる.

踏切準備の行われる助走の最終局面では, 踏切足を踏切線に合わせるために視覚的にストライドを調節することが報告されている(Lee et al., 1982). Hay(1988)は, 世界一流走幅跳選手の助走における各歩の着地点と踏切線との距離を測定し, 1歩毎の標準偏差を算出する中で, 標準偏差の最大値が, 踏切5歩前が最も多く見られ, その値はそれ以降急激に減少したと報告している. 日本のジュニア走幅跳選手を対象とした研究では(大村ら, 2008), この最大標準偏差値が踏切3歩前で見られた. 踏切6~5歩前の助走速度は助走中の最大速度の95%以上に達していることから(伊藤ら, 2006), 踏切6~5歩前の助走動作は, 踏切準備動作や踏切板への足合わせに左右されない高い速度を有する局面として位置づけることが可能だろう. したがって, この局面における助走動作と踏切準備動作を比較することで, 踏切準備の課題を達成するための動作変更を明らかにすることが可能になると考えられる.

本研究では, 日本一流競技者の試技を画像分析法により分析し, その助走動作と踏切準備動作とを比較することで, ①踏切準備局面で身体重心を低下させるために, どのような動作を行っているかを明らかにし, ②その踏切準備動作が跳躍パフォーマンスにどのように影響して

いるかについて検討することを目的とした.

2. 方法

2.1 実験

本研究の被験者は, 国内一流走幅跳競技者5名であった(年齢 25.6 ± 1.0 歳, 身長 1.77 ± 0.02 m, 体重 67.2 ± 5.1 kg, 走幅跳のベスト記録 7.92 ± 0.08 m). 計測に先立ってこれらの被験者には, 研究のねらいや意義, 計測状況, 安全性などを説明し, 協力の同意を得た.

実験は全天候型陸上競技場の走幅跳用走路で行い, 砂場の2m手前に踏切板を設置した. 被験者は, 各自の全助走距離からの跳躍を3試技以上(3~6試技)行った. 踏切6~5歩前と踏切2~1歩前を分析対象とした.

被験者の動作を2次元分析するため, 走路の30m側方に2台の高速度VTRカメラ(HSV-400, NAC社製)を設置し, 踏切と踏切準備の対象となる局面をそれぞれパンニング撮影した(毎秒200フィールド, 露出時間1/1000秒). なお, 撮影された身体分析点を実座標に換算するための較正マークを走路両側ライン上に1m間隔で設置した.

2.2 データ処理

踏切準備動作と跳躍パフォーマンスとの関係を検討するために, 各被験者の最も跳躍記録の大きかった試技を「上位試技」(7.49 ± 0.15 m), 劣っていた記録の試技を「下位試技」(7.13 ± 0.12 m)とし分析した.

疾走動作1サイクルのVTR画像から, 身体分析点(23点)および較正マーク(4点)を200コマ/秒でデジタル化し, 得られた身体の2次元座標値を4点の較正マークをもとに実座標に換算した. 得られた2次元座標は, 残差分析法(Winter 1990)により最適遮断周波数(3~7.6 Hz)が決定され, Butterworth digital filterにより平滑化された.

2.3 算出項目と算出方法

身体を頭部, 体幹, 左右の上腕, 前腕, 手, 大腿, 下腿, 足部の14部分からなるリンクセグメントモデルにモデル化し, 平滑化したデータから部分角度(身体部分が鉛直線となす角度)および関節角度, 部分および全身の身体重心と部分の慣性モーメント(阿江, 1996)を算出した. また身体分析点, 部分角度, 関節角度, 身体重心変位を時間で数値微分することにより, その速度, 加速度および角速度を求めた. それぞれの角度の定義は図1に示した. 踏切準備局面では, 左右の脚の働きが大きく異なるため, 脚の動作に関する測定項目は踏切脚とリード脚に分けて算出した.

ストライドは1歩における身体重心の移動距離とし, ピッチはその1歩に要した時間の逆数とした. 走速度は, ストライドとピッチの積とした.

図2に, 走の1サイクルの局面分けを示した(羽田ら, 2003; 伊藤ら, 2006). 足が地面についた瞬間を接地時,

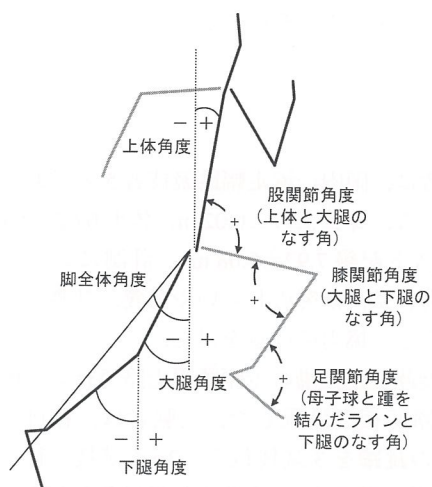


図1 部分および関節角度の定義

離れる瞬間を離地時とし、接地時から離地時までを支持期、身体が空中に浮いている局面を滞空期とした。身体重心が支持脚の母子球の真上を通過する時点を支持期中間とし、支持期を前半と後半に分けた。離地時から逆脚接地時までを回復期前半、逆脚接地時から接地時までを回復期後半とした。また、逆脚の接地時から離地時までを逆脚支持期とした。回復期後半において大腿角が最大となる時点をおもひ大脚最前方時、大転子と足先の水平変位が最大となる時点をつま先最前方時とした。踏切脚（図2の上段）を中心にとらえると、走の1サイクルの各局面は、支持期（助走：踏切6歩前、踏切準備：踏切2歩前）→回復期前半（助走：踏切6歩前、踏切準備：踏切2歩前）→回復期後半（助走：踏切5歩前、踏切準備：踏切1歩前）という順となる。一方、リード脚を中心とすると、回復期後半（助走：踏切6歩前、踏切準備：踏切2歩前）→支持期（助走：踏切5歩前、踏切準備：踏切1歩前）→回復前半（助走：踏切5歩前、踏切準備：踏切1歩前）という順となる。

また、走幅跳の跳躍距離に大きな影響を及ぼすとされる助走の流れと滞空時間には密接な関係が見られ（伊藤，2002），助走終盤の数歩ではその滞空時間が大きな変化を示すことから（伊藤，2003），VTR 画像より助走ラスト6歩の各滞空時間を求めた。

2.4 統計処理

①局面（助走・踏切準備）と②良否（上位試技・下位試技）の比較を行うために対応のある2要因の分散分析を行った。局面の比較では、それぞれ同脚となる踏切6歩前（助走）と踏切2歩前（踏切準備）および踏切5歩前（助走）と踏切1歩前（踏切準備）の測定項目を比較した。ここで交互作用が有意であった場合は局面ごとならびに良否ごとの単純主効果の検定を行った。なお、有意水準は5%とした。

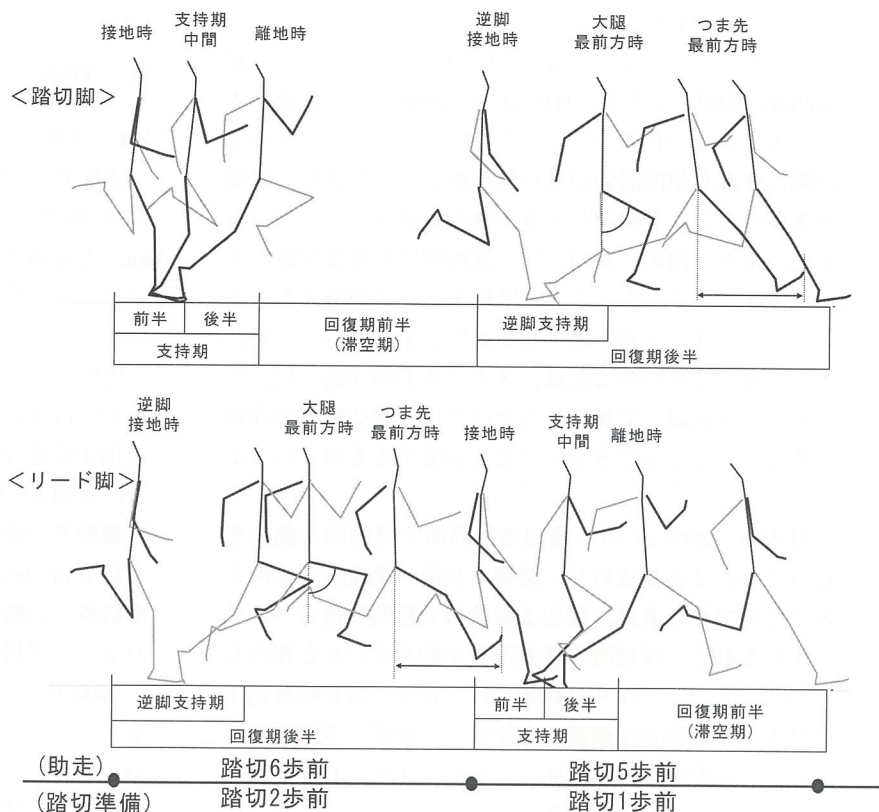


図2 走の1サイクルの局面分け

3. 結果

3.1 走速度と身体重心関係

(1) 走速度、ストライド、ピッチ

表1は、走速度、ストライド、ピッチの比較をしたものである。踏切2歩前の速度は、踏切6歩前よりも有意に大きく ($p<0.05$)、上位試技は下位試技よりも有意に大きかった ($p<0.05$)。また、有意な交互作用が見られ ($p<0.05$)、上位試技では、下位試技よりも踏切準備局面で走速度の増大が大きい傾向にあった。踏切2歩前と1歩前のストライドには、「長一短」のパターンが見られたが、助走動作と比べると、踏切準備動作のストライドは有意に小さく ($p<0.05$)、ピッチは有意に大きかった ($p<0.05$)。

踏切6歩前と2歩前の支持前半時間には有意な交互作用が見られ ($p<0.05$)、上位試技の踏切2歩前で有意に小さくなった ($p<0.05$)。支持後半時間は、踏切2歩前の方が小さく ($p<0.05$)、良否の主効果も有意で上位試技の方が小さかった ($p<0.05$)。踏切1歩前の支持前半時間は踏切5歩前よりも有意に大きく ($p<0.01$)、支持後半時間は有意に小さかった ($p<0.05$)。

図3は助走ラスト6歩の滞空時間を示したものである。良否（上位試技と下位試技間）の主効果が有意でなかったため、ボンフェローニの方法により各歩間の多重比較を行った。踏切6歩前、4歩前、2歩前が踏切脚の支持後の滞空時間、5歩前、3歩前、1歩前がリード脚の支持後の滞空時間となる。踏切脚の支持となる偶数歩の方

表1 走速度、ストライド、ピッチの比較

		助走動作				踏切準備動作		主効果		交互作用	局面間	
		上位試技	下位試技			上位試技	下位試技	局面	良否		上位試技	下位試技
踏切6歩前												
走速度	(m/s)	9.88 ± 0.21	9.69 ± 0.22	**	10.24 ± 0.28	9.92 ± 0.30	**	*	*	*	**	*
ストライド	(m)	2.39 ± 0.08	2.39 ± 0.10		2.25 ± 0.19	2.21 ± 0.13		*	ns	ns		
ピッチ	(Hz)	4.14 ± 0.16	4.06 ± 0.20		4.59 ± 0.40	4.51 ± 0.33		*	ns	ns		
支持前半時間	(sec)	0.043 ± 0.003	0.043 ± 0.004	ns	0.041 ± 0.009	0.045 ± 0.009	ns	ns	ns	*	*	ns
支持後半時間	(sec)	0.054 ± 0.003	0.055 ± 0.002		0.049 ± 0.002	0.053 ± 0.003		*	*	ns		
滞空時間	(sec)	0.145 ± 0.008	0.149 ± 0.011		0.129 ± 0.014	0.125 ± 0.011		**	ns	ns		
踏切5歩前												
走速度	(m/s)	10.01 ± 0.17	9.74 ± 0.19		9.96 ± 0.21	9.70 ± 0.20		ns	**	ns		
ストライド	(m)	2.33 ± 0.06	2.35 ± 0.05		1.85 ± 0.11	1.84 ± 0.10		**	ns	ns		
ピッチ	(Hz)	4.30 ± 0.16	4.15 ± 0.14		5.39 ± 0.28	5.28 ± 0.31		**	ns	ns		
支持前半時間	(sec)	0.044 ± 0.007	0.045 ± 0.005		0.058 ± 0.002	0.060 ± 0.002		**	ns	ns		
支持後半時間	(sec)	0.054 ± 0.002	0.056 ± 0.005		0.050 ± 0.003	0.051 ± 0.004		*	ns	ns		
滞空時間	(sec)	0.135 ± 0.005	0.140 ± 0.007		0.078 ± 0.009	0.079 ± 0.011		**	ns	ns		
踏切2歩前												
走速度	(m/s)	10.24 ± 0.28	9.92 ± 0.30	**	10.24 ± 0.28	9.92 ± 0.30	**	*	*	*	**	*
ストライド	(m)	2.25 ± 0.19	2.21 ± 0.13		2.25 ± 0.19	2.21 ± 0.13		*	ns	ns		
ピッチ	(Hz)	4.59 ± 0.40	4.51 ± 0.33		4.59 ± 0.40	4.51 ± 0.33		*	ns	ns		
支持前半時間	(sec)	0.041 ± 0.009	0.045 ± 0.009	ns	0.041 ± 0.009	0.045 ± 0.009	ns	ns	ns	*	*	ns
支持後半時間	(sec)	0.049 ± 0.002	0.053 ± 0.003		0.049 ± 0.002	0.053 ± 0.003		*	*	ns		
滞空時間	(sec)	0.129 ± 0.014	0.125 ± 0.011		0.129 ± 0.014	0.125 ± 0.011		**	ns	ns		
踏切1歩前												
走速度	(m/s)	9.96 ± 0.21	9.70 ± 0.20		9.96 ± 0.21	9.70 ± 0.20		ns	**	ns		
ストライド	(m)	1.85 ± 0.11	1.84 ± 0.10		1.85 ± 0.11	1.84 ± 0.10		**	ns	ns		
ピッチ	(Hz)	5.39 ± 0.28	5.28 ± 0.31		5.39 ± 0.28	5.28 ± 0.31		**	ns	ns		
支持前半時間	(sec)	0.058 ± 0.002	0.060 ± 0.002		0.058 ± 0.002	0.060 ± 0.002		**	ns	ns		
支持後半時間	(sec)	0.050 ± 0.003	0.051 ± 0.004		0.050 ± 0.003	0.051 ± 0.004		*	ns	ns		
滞空時間	(sec)	0.078 ± 0.009	0.079 ± 0.011		0.078 ± 0.009	0.079 ± 0.011		**	ns	ns		

** p<0.01

* p<0.05

mean ± SD

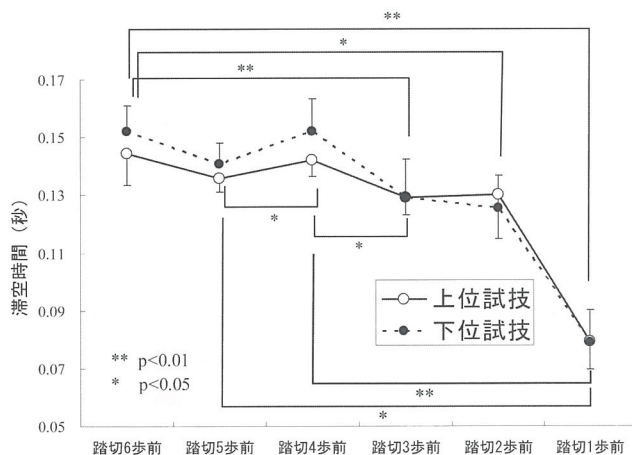


図3 助走ラスト6歩の滞空時間の比較

が滞空期の値が大きい傾向にあり、踏切準備局面では踏切1歩前の滞空時間が特に小さかった。踏切4歩前から3歩前にかけては有意な減少が見られた ($p<0.05$)。

(2) 身体重心高の変化及び身体重心の鉛直加速度

図4は、助走と踏切準備の身体重心高の比較をしたものである。踏切6歩前と2歩前の比較では、有意な差が見られなかった。踏切準備では、踏切2歩前の滞空期で身体重心高が大きく下降し、踏切1歩前の接地時以降で踏切の接地にかけて、踏切準備の方が身体重心高が有意に低くなっていた。

図5は、支持期における身体重心の鉛直加速度のピーク値の比較をしたものである。踏切6歩前と2歩前の比較では、踏切2歩前の方が有意に小さかった ($p<0.05$)。踏切5歩前と1歩前とでは有意な差は見られなかった。

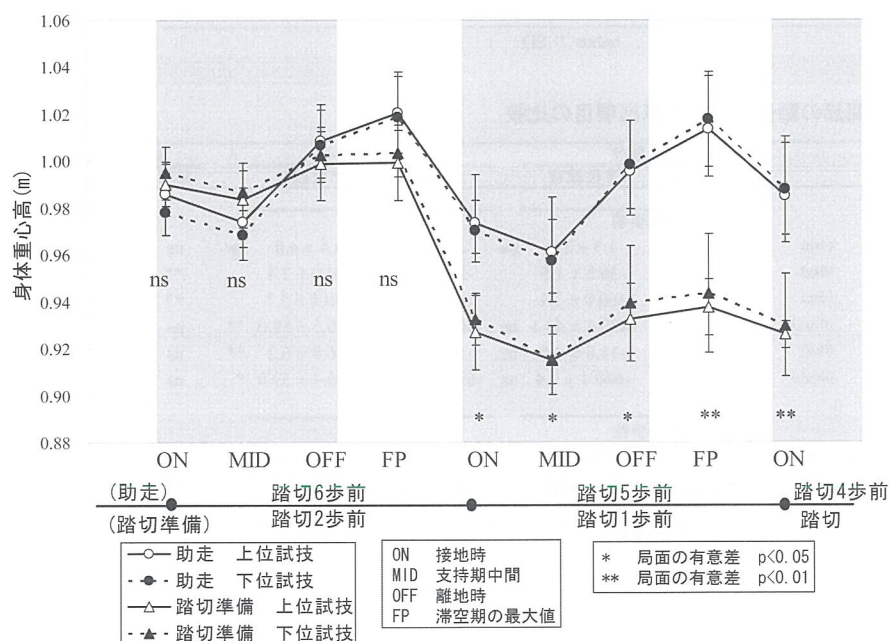


図4 助走と踏切準備の身体重心高の比較

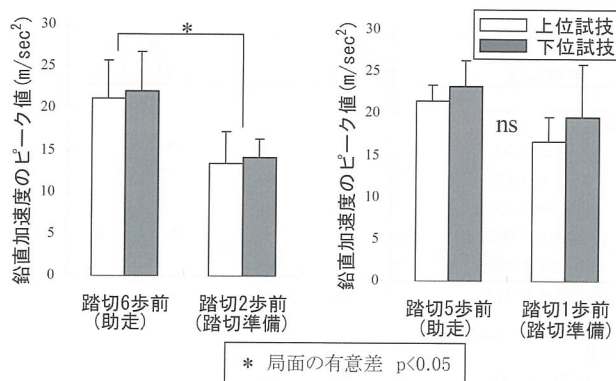


図5 支持期における身体重心の鉛直加速度のピーク値の比較

図6は、接地時および離地時における身体重心の鉛直速度を比較したものである。踏切6歩前（助走）に比べ踏切2歩前（踏切準備）の離地時の鉛直速度は有意に小さく（ $p < 0.01$ ），その鉛直速度はほとんどゼロに近かった。踏切1歩前と踏切5歩前の鉛直速度は，接地時（ $p < 0.01$ ）および離地時（ $p < 0.01$ ）で有意な差が見られた。

3.2 上体角度

表2は接地および離地時における上体角度を示したものである。踏切準備動作での上体角度は，助走動作に比

表2 接地および離地時での上体角度の比較

	助走動作			踏切準備動作			主効果		交互作用	局面間	
	上位試技	下位試技		上位試技	下位試技		局面	良否		上位試技	下位試技
踏切6歩前											
接地時の上体角度 (deg)	7.8 ± 1.0	8.7 ± 0.4	ns	4.5 ± 1.8	3.9 ± 1.5	ns	*	ns	**	*	**
離地時上体角度 (deg)	8.4 ± 2.0	8.0 ± 1.0		1.5 ± 1.7	1.1 ± 1.1		**	ns	ns		
踏切5歩前											
接地時の上体角度 (deg)	8.6 ± 1.7	8.4 ± 0.7		0.3 ± 2.3	-0.4 ± 1.6		**	ns	ns		
離地時上体角度 (deg)	7.8 ± 1.2	7.2 ± 1.2		-3.9 ± 2.2	-3.2 ± 0.7		**	ns	ns		

** $p < 0.01$

* $p < 0.05$

mean ± SD

表3 踏切脚の部位及び関節の動作に関する算出項目の比較

踏切脚		助走動作			踏切準備動作			主効果		交互作用	局面間		
		上位試技	下位試技		上位試技	下位試技		局面	良否		上位試技	下位試技	
<支持期>													
		踏切6歩前				踏切2歩前							
接地時の下腿角度	(deg)	1.8 ± 2.4	1.3 ± 2.1	ns	2.1 ± 4.6	4.4 ± 4.0	ns	ns	ns	**	ns	ns	
離地時の大腿角度	(deg)	-28.9 ± 1.9	-30.3 ± 1.5		-23.8 ± 2.0	-24.0 ± 2.4		**	ns	ns			
離地時の膝関節角度	(deg)	157.9 ± 5.3	160.0 ± 3.1		149.7 ± 3.9	150.4 ± 3.7		**	ns	ns			
支持前半の大腿平均角速度	(deg/s)	-475.7 ± 30.1	-489.4 ± 49.1	ns	-545.1 ± 88.8	-480.5 ± 89.0	**	ns	*	**	ns	ns	
支持前半の膝関節角変位	(deg)	-13.2 ± 3.2	-11.8 ± 4.0	ns	-12.4 ± 6.2	-16.8 ± 6.2	**	ns	*	**	ns	ns	
脚全体の角速度のピーク値	(deg/s)	-640.0 ± 13.7	-640.4 ± 9.4	ns	-698.3 ± 23.9	-656.4 ± 39.0	*	ns	ns	*	*	ns	
<回復前半>													
		踏切6歩前				踏切2歩前							
回復前半の大腿角速度のピーク値	(deg/s)	858.5 ± 94.5	867.5 ± 58.3		844.0 ± 39.9	806.3 ± 48.4		ns	ns	ns			
回復期での膝関節最小角度	(deg)	26.2 ± 2.9	26.3 ± 3.4		45.3 ± 7.6	50.8 ± 6.5		**	ns	ns			
<回復後半>													
		踏切5歩前				踏切1歩前							
大腿最前方時の大腿角度	(deg)	77.0 ± 3.3	74.9 ± 4.0		66.8 ± 3.1	65.2 ± 4.4		*	ns	ns			
逆脚支持期の下腿平均角速度	(deg/s)	1029.9 ± 99.5	1028.3 ± 100.5		1101.7 ± 68.9	1007.6 ± 49.7		ns	*	ns			
つま先最前方時の下腿角度	(deg)	25.2 ± 4.0	24.6 ± 1.3		34.2 ± 2.7	33.3 ± 1.9		**	ns	ns			

** $p < 0.01$

* $p < 0.05$

mean ± SD

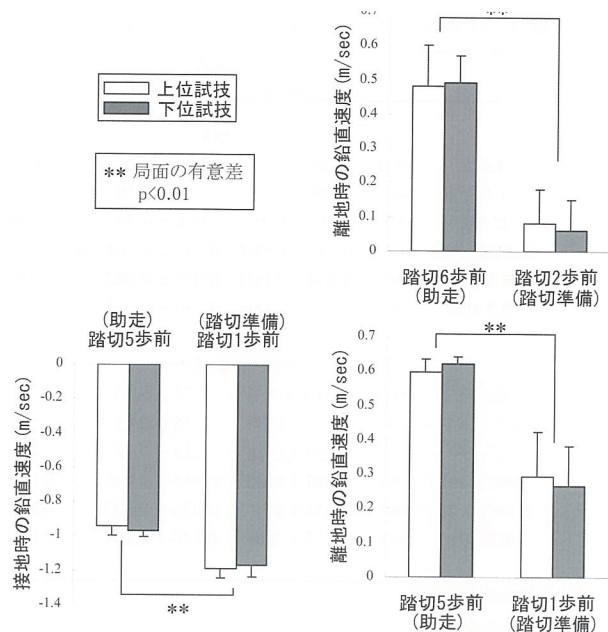


図6 接地時及び離地時の鉛直速度の比較

べ値が小さくなった（ $p < 0.05$ ）。これはやや前傾していた上体が起こされたことを示す。踏切1歩前の離地時では値が負となり，後傾となっていた。踏切6歩前と2歩前の接地時の上体角度は，交互作用が有意であり（ $p < 0.01$ ），上位試技の方が上体の起きあがりや抑えられる傾向があった。

3.3 踏切脚の動作

表3は踏切脚の部位及び関節の動作に関する算出項目の中で，主効果もしくは交互作用が有意であったものを示したものである。局面の主効果が有意であったものは，支持

期における離地時（助走：踏切6歩前，踏切準備：踏切2歩前）の大腿角度（ $p<0.01$ ），膝関節角度であり（ $p<0.01$ ），いずれも踏切準備の方が小さかった．回復期では，踏切準備の膝関節最小角は増大し（ $p<0.01$ ），大腿最前方時の大腿角度は減少するとともに（ $p<0.05$ ），つま先最前方時の下腿角度は増大した（ $p<0.01$ ）．

接地時の下腿角度は，交互作用が有意であった（ $p<0.01$ ）．上位試技では，下腿角度にほとんど変化が見られなかったが，下位試技では，下腿が前方に振り出された状態で接地していた．支持前半の大腿平均角速度と膝関節角変位の交互作用が有意であり（ $p<0.05$ ），踏切準備動作では，上位試技の方が大腿平均角速度は大きく（ $p<0.01$ ），膝関節屈曲角変位は小さかった（ $p<0.01$ ）．脚全体の角速度のピーク値にも有意な交互作用があり（ $p<0.01$ ），踏切準備では上位試技の方が大きかった（ $p<0.01$ ）．

逆脚支持期（助走：踏切5歩前，踏切準備：踏切1歩前）の下腿平均角速度は良否の主効果が有意であり（ $p<0.05$ ），上位試技の方が有意に大きかった（ $p<0.05$ ）．

3.4 リード脚の動作

表4はリード脚の部位及び関節の動作に関する算出項目のなかで主効果もしくは交互作用が有意であったものを示したものである．回復期後半（助走：踏切6歩前の接地時から踏切5歩前の接地時にかけて，踏切準備：踏切2歩前の接地時から踏切1歩前の接地時にかけて）では，大腿角速度の負のピーク値が小さく（ $p<0.01$ ），踏切1歩前の接地動作を行うリード脚の大腿の振り下ろし速度が抑えられていた．

支持期（助走：踏切5歩前，踏切準備：踏切1歩前）における接地時の大腿角度および下腿角度は踏切準備の方が大きかったことから（それぞれ $p<0.01$ ， $p<0.05$ ），接地位置が助走に比べ前方に位置していたことになる．また，助走に比べ離地時の大腿角度の絶対値は小さく（ $p<0.01$ ），膝関節角度は小さかった（ $p<0.01$ ）．踏切準備での支持後半の足関節角速度のピーク値は助走に比べて小

さく（ $p<0.05$ ），底屈動作が抑えられていた．脚全体の角速度の絶対値は助走よりも踏切準備の方が大きかった（ $p<0.05$ ）．良否の主効果も有意であり（ $p<0.01$ ），上位試技の方が脚全体の後方スイング速度が速かった．支持前半および後半の下腿角変位は，良否の主効果が有意で（それぞれ $p<0.05$ ， $p<0.05$ ），上位試技の方が下腿の動作範囲が大きかった．

4. 考察

4.1 身体重心高の低下の要因

（1）踏切準備での身体重心の下降

踏切2歩前と踏切6歩前との間で有意な差が見られなかった身体重心高は，踏切1歩前の接地時では踏切5歩前よりも有意に低くなり（図4）．それ以降，踏切接地まですべて助走の値を下回った．したがって，踏切2歩前の滞空期で身体重心が大きく下降したと言える．踏切2歩前の離地時の鉛直速度は，踏切6歩前のものを大きく下回り（図6），ほとんどゼロに近かったことから，これが滞空期での大きな身体重心の下降の要因であったと考えられる．

リード脚の回復期後半の大腿角速度のピーク値は，局面的な主効果が有意であり（表4），踏切1歩前接地脚の大腿の振り下ろし速度は，助走よりも遅かった．このことが，踏切1歩前の接地のタイミングを遅らせ，滞空期を拡大させることで，身体重心の下降幅を確保することにつながったと考えられる．滞空期の拡大はストライドの増大と密接な関係があるため，一流走幅跳競技者の助走のラスト2歩で，「長ー短」のストライドパターンが用いられていた（Coe 1997, Panoutsakopoulos and Kollias, 2007）ことは，この大腿の振り下ろし速度の低下による滞空期の増大が関係していたのではないかと考えられる．

踏切2歩前の支持後半時間は助走（踏切6歩前）よりも短く（表1），離地時の大腿角度並びに膝関節角度も有意に小さくなったことは（表3），支持後半における

表4 リード脚の部位及び関節の動作に関する算出項目の比較

		助走動作			踏切準備動作		主効果		交互作用	局面間	
		上位試技	下位試技		上位試技	下位試技	局面	良否		上位試技	下位試技
<回復期後半>											
		踏切6歩前			踏切2歩前						
逆足接地時の大腿角度	(deg)	10.9 ± 8.1	6.3 ± 5.7		3.4 ± 6.9	0.0 ± 6.9	*	*	ns		
逆脚支持期の下腿平均角速度	(deg/s)	983.6 ± 49.8	959.1 ± 90.9	ns	959.6 ± 81.8	883.4 ± 99.7	*	ns	ns	*	*
回復期後半の大腿角速度のピーク値	(deg/s)	-495.9 ± 26.6	-485.5 ± 43.9		-372.8 ± 29.2	-408.5 ± 19.6	**	ns	ns		
<支持期>											
		踏切5歩前			踏切1歩前						
接地時の大腿角度	(deg)	30.7 ± 4.5	30.0 ± 3.3		40.7 ± 1.6	39.4 ± 2.5	**	ns	ns		
離地時の大腿角度	(deg)	-31.6 ± 2.5	-32.2 ± 1.9		-24.0 ± 4.6	-23.4 ± 3.7	**	ns	ns		
接地時の下腿角度	(deg)	1.5 ± 4.5	1.3 ± 2.8		9.8 ± 2.7	9.4 ± 2.2	*	ns	ns		
支持前半の下腿角変位	(deg/s)	-784.1 ± 55.4	749.0 ± 38.7		-887.2 ± 75.3	-852.9 ± 67.6	ns	*	ns		
支持後半の下腿角変位	(deg/s)	-332.2 ± 68.1	-320.9 ± 46.5		-345.8 ± 46.9	-329.5 ± 33.4	ns	*	ns		
離地時の膝関節角度	(deg)	160.5 ± 4.0	162.0 ± 4.1		145.1 ± 6.0	144.7 ± 5.2	**	ns	ns		
支持後半の足関節角速度のピーク値	(deg/s)	1008.7 ± 108.1	984.1 ± 114.3		948.7 ± 134.4	944.3 ± 103.6	*	ns	ns		
脚全体の角速度のピーク値	(deg/s)	-668.6 ± 27.3	-645.1 ± 22.8		-727.5 ± 16.1	-693.8 ± 17.4	*	**	ns		

** $p<0.01$

* $p<0.05$

mean ± SD

脚の後方への伸展動作が抑えられていたことを示唆するものである。川本・池田（2003）は、踏切2歩前のストライドを意図的に大きくすることで、失速しながら踏み切る跳躍が多くなったと報告している。Miladinov（2006）も、踏切2歩前の力強い後方へのプッシュ動作と、その後の、踏切脚の回復局面でのリカバリー動作を結合させることは難しいと報告していることから、踏切2歩前支持後半のキック動作が抑制されることは、踏切2歩前離地後の踏切脚を素早く前方にリカバリーすることにも寄与するものと考えられる。

Koe and Hay（1990）は、踏切2歩前から1歩前の接地にかけての身体重心の下降の大きさと跳躍距離との間に有意な相関関係が認められたと報告している。しかし、本研究では、上位試技と下位試技との間で、重心の下降の大きさに有意な差は見られなかった（上位試技： 7.3 ± 0.6 cm, 下位試技： 7.1 ± 0.8 cm）。これは、本研究の被験者にとっては、身体重心の下降幅の大きさは跳躍の良否にほとんど影響を及ぼさなかったということであり、跳躍の良否には、別の要因が関係していたと考えられる。

（2）踏切2歩前離地時の鉛直速度減少の要因について

踏切2歩前離地時の鉛直速度が助走に比べて減少した直接の要因としては、踏切2歩前の身体重心の鉛直加速度のピーク値が、踏切6歩前よりも有意に小さかったこと（図5）が考えられる。

この局面における踏切準備のリード脚の逆脚接地時の

大腿角度は、助走に比べ有意に小さく（表4）、それは踏切2歩前接地時の遊脚大腿が助走に比べ後方に位置していたことを示す。この局面でのリード脚の大腿平均角速度（逆脚支持期）は、助走と踏切準備とで有意な差は見られず〔助走： 711.6 ± 42.9 deg/s（上位試技）, 719.1 ± 55.7 deg/s（下位試技）, 踏切準備： 725.1 ± 40.5 deg/s（上位試技）, 713.7 ± 49.7 deg/s（下位試技）〕、それが大腿の前方へのリカバリーの速度が遅くなったためであるとは考えにくい。そこで、踏切3歩前の滞空時間が、4歩前に比べ有意に小さかった（図3）ことを考え合わせると、大腿が後方に位置していたのは、踏切2歩前の接地のタイミングが他の歩よりも早められていたためではないかと考えられる。接地のタイミングを早めることは、滞空時間を短縮させるとともに重心の下降局面を短縮させることにも影響すると考えられる。このことが踏切2歩前の支持期での身体重心の鉛直加速度のピーク値の減少と関連していたのではないかと推察される。ここで、もし他の歩と同程度の重心の下降が接地前にあったとすると、鉛直加速度を小さくするためには、関節の屈曲による緩衝動作を大きくする必要が生じるはずである。しかし、踏切2歩前の支持前半の膝関節角変位は助走（踏切6歩前）と比べ有意に大きくなっておらず（表3）、支持中間の身体重心高も有意な差はなく、むしろ助走のものを上回る傾向が見られた（図4）ことも、そのことが反映された結果と考えることができるだろう。支持期中

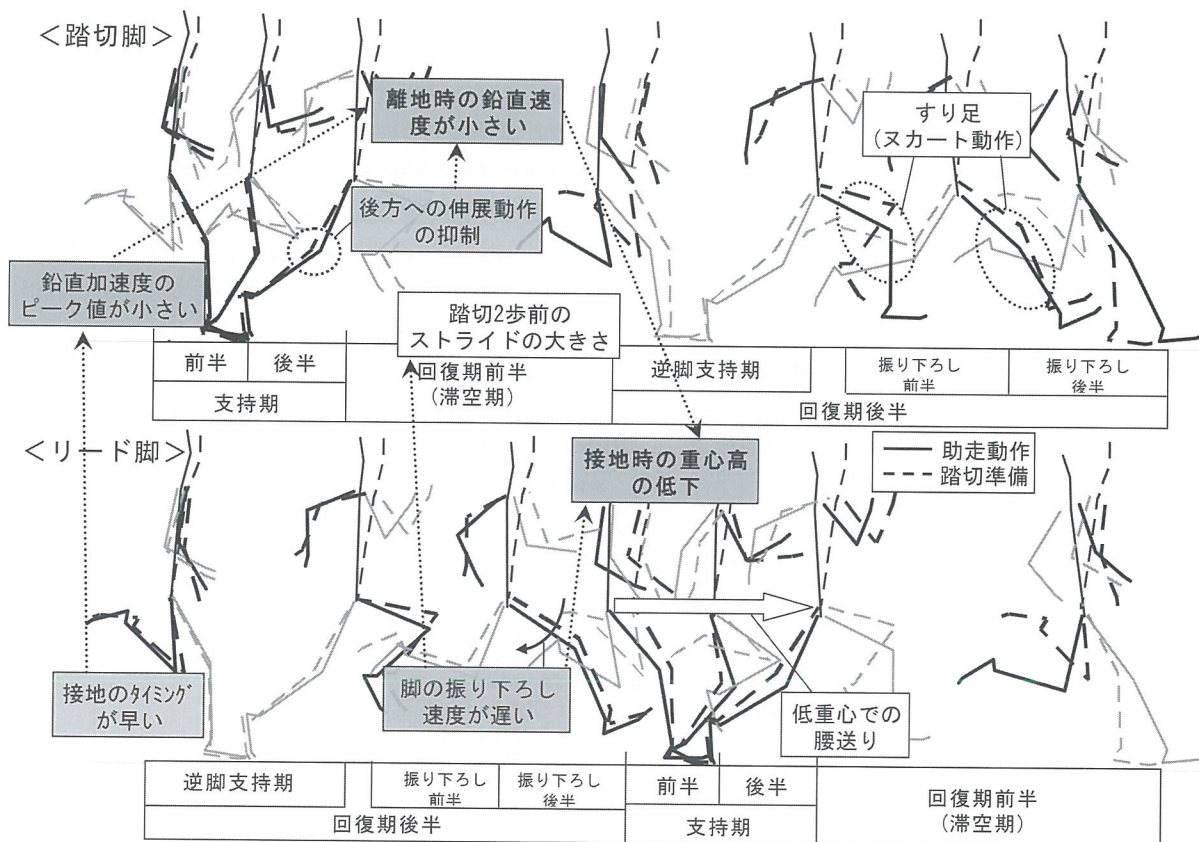


図7 重心高の低下の要因と踏切準備動作の特徴

の膝や足関節の屈伸動作が大きくなることは、合理的なキック動作を阻害することにつながり（伊藤ら, 1998）、水平速度の減速をもたらす要因となると考えられことから、踏切2歩前の支持期で水平速度の減速を防ぎ、身体重心の鉛直加速度を小さくするために、接地のタイミングを早めるという対応を行っていたのではないかと推察される。

図7は身体重心高の低下の要因と踏切準備動作の特徴についてまとめたものである。図のスティックピクチャーは、走の1サイクルの局面分け（図2）に示した各時点における座標を身長で標準化したものを全被験者で平均し、踏切脚の大転子を基準に作成した。踏切2歩前の接地のタイミングを早めることで着地衝撃を少なくし身体重心の鉛直加速度を抑え、後方への伸展動作を抑制することで、支持後半での身体重心高の上昇を抑え、離地時の鉛直速度を小さくすることができる。離地時の鉛直速度が小さいことから、続く滞空期では身体重心の上昇局面が少なく、すぐに下降が始まることになる。加えて、踏切1歩前の接地脚の振り下ろし速度を抑えることで、身体重心の下降局面が拡大され、踏切1歩前では身体重心高が低下した状態で接地できる。その際、滞空期が拡大することで結果としてストライドが大きくなると考えられる。

4.2 踏切準備の特徴的な動作

（1）踏切脚の前方へのリカバリー動作

踏切1歩前の滞空時間が助走（踏切5歩前）に比べ著しく短くなっていたことは（表1）、踏切接地時における下向きの鉛直速度を小さくすることに寄与したと考えられる。

踏切準備では、助走と比べて踏切2歩前離地後の回復期で、踏切脚の膝関節最小角の増大、大腿最前方時の大腿角度の減少、そしてつま先最前方時の下腿角度の増大が見られた（表3）。これらのことは、踏切接地前の踏切脚の足先が、助走に比べ地面に近いところを通り、接地直前には身体重心のより前方に位置していたこと示している（図7）。こうした動作は指導の現場では、すり足（ヌカート動作）と呼ばれ、踏切動作のための動き作りの練習の一つとなることも多い。踏切足が低いところを通過して前方にリカバリーされることで、接地のタイミングを早めることが可能になると考えられる。

（2）踏切1歩前の支持期

踏切1歩前接地時の大腿角度は、助走のものよりも有意に大きくなっていた（表4）。このことは、助走に比べ支持脚が持ち上がった状態で接地していたことを示すものであり（図7）、踏切1歩前の接地時に重心高がすでに低い状態となっていたことに関係していると考えられる。また、このことは、支持前半の大腿の動作範囲の拡大と踏切1歩前の支持前半時間の増大（表1）をもたらしたと考えられる。

助走に比べ、踏切1歩前の離地時の大腿の後傾角は小さくなり、膝関節角度も小さくなったことで（表4）、支持後半時間も減少した（表1）。同様に支持後半の足関節角速度のピーク値も小さくなった（表4）。青山ら（2005）は、踏切1歩前支持期の中盤で、大腿は他の歩に比べて大きな正の加速力を示しており、それは腰の送り出し動作と関係していると述べていることから、踏切1歩前の支持期では、低い身体重心高を保つために、膝関節や足関節を後方に伸展するのではなく、大腿のスイング動作と下腿を前方に倒す動作（図7）によって身体を前に進めていると考えられる。

4.3 上位試技と下位試技の違い

（1）踏切2歩前の接地動作

踏切2歩前の支持前半の膝関節角変位は、下位試技よりも上位試技の方が有意に小さく（表3）、踏切脚の支持前半時間は、上位試技では踏切6歩前よりも踏切2歩前の方が有意に小さくなった（表1）。踏切2歩前の接地時の下腿には有意な交互作用が見られ、下位試技では下腿が助走に比べてより前方に振り出された状態で接地していたことが（表3）、その要因となっていたと考えられる。上位試技における踏切準備局面での支持前半（踏切2歩前）の大腿平均角速度並びに脚全体の角速度は、下位試技よりも有意に速かったことから（表3）、上位試技では、踏切2歩前の支持前半の膝関節の屈曲動作を少なくすることで、支持時間を減少させるとともに、大腿の後方へのスイング動作を効果的に脚全体のスイング速度に転換するような合理的なキック動作を行うことができていたと考えられ、それらのことが上位試技の走速度が大きかったことと密接に関係していたと考えられる。

踏切準備局面では、上体を起こすタイミングを早くしすぎないことと減速の大きさと関係があると報告されているが（森長ら, 2003；阿江ら, 1999；村木ら, 2004 a）、本研究においても踏切2歩前の接地時の上体角度は、上位試技の方が上体の起きあがり抑えられていた（表2）。

これらのことが、上位試技における踏切2歩前の走速度が下位試技よりも有意に大きかっただけでなく、助走から踏切準備への走速度の増大もより大きい傾向にあったこと（表1）の主要な要因となっていたと考えられる。

（2）踏切脚の前方へのリカバリー動作

上位試技では、踏切脚の回復期後半で逆脚支持期の下腿平均角速度が、下位試技よりも有意に速かったことは（表3）、上位試技の踏切脚の前方へのリカバリー動作が速かったことが反映されたものと考えられるだろう。志賀ら（2002）は、踏切1歩前離地時の踏切脚股関節角速度は踏切時間と相関があり、跳躍距離を伸ばすことに関係していると報告している。踏切接地時には、踏切脚を身体重心の前方に接地することが必要となるが、踏切1歩前離地後の滞空時間は非常に短いため、踏切脚を素早く前方にリカバリーすることが求められることに

なる。また踏切脚を前方に早いタイミングで持ってくることは、的確な位置に踏切足を接地することにも良い影響を与え、踏切時に起こし回転の要素をより有効に利用することにも有利に働くのではと考えられる。

(3) 踏切1歩前支持期の動作

上位試技におけるリード脚支持前半及び後半の下腿角変位は、下位試技よりも大きく、脚全体の角速度のピーク値も速かった(表4)。踏切準備局面ではリード脚の支持期は身体重心の低下が起こった踏切1歩前となる。Koe and Hay (1990) は、踏切1歩前の接地にかけて、積極的に脚を後方に引くように動かして接地する active landing が抑えられたことを報告している。本研究でも踏切1歩前の接地時では助走に比べ大腿角度が大きく(表4)、脚の振り下ろし速度が遅くなっていた(表4)ことは、積極的に脚を後方に引く動作が抑えられたこと反映するものと考えられるが、こうした接地動作がなされた踏切1歩前の支持期において、水平速度の減速をできるだけ抑えるためには、上位試技で見られた下腿の動作範囲を大きくすることで身体を前方に進めることが有効であったのではないかと考えられる。

その一方、村木ら(2004a)は、競技力の高い競技者は、踏切1歩前の膝の屈曲動作が小さかったと報告しているのに対して本研究では、この項目で上位試技、下位試技間に有意な差は見られなかった。また、阿江ら(1999)は、世界一流選手では、踏切1歩前でわずかに速度が増大していたと報告しているのに対して、本研究の踏切1歩前の踏切2歩前に対する速度レベルは上位試技、下位試技とも約97%であったことから、ある程度の減速がなされていたと言えるだろう。本研究の被験者は日本の一流レベルであったが、国際的な一流レベルの競技者ではそうした動作を行うことで踏切準備局面での減速をさらに抑える、もしくは若干加速できる可能性があることが示唆される。

5. まとめ

本研究では、日本一流競技者の助走と踏切準備の動作を比較することで、踏切準備局面で身体重心を低下させる要因を明らかにすることを目的とした。さらに、踏切準備動作が跳躍パフォーマンスの善し悪しにどのような影響を与えているかについて検討した。その結果、以下のことが明らかになった。

- ①身体重心高は、踏切2歩前の離地から踏切1歩前の接地までの滞空期で下降し、踏切1歩前以降は低い重心高を維持しながら踏切に移行していた。
- ②踏切2歩前離地時の鉛直速度が助走に比べ小さかったこと及び踏切1歩前接地脚の大腿の振り下ろし速度を抑えることによって踏切2歩前の滞空期での身体重心の下降がなされたと考えられた。そして、踏切2歩前離地時の鉛直速度が小さかったのは、踏切2歩前支持

期における身体重心の鉛直加速度が小さかったこと及び支持脚の後方への伸展動作が抑制されたことによるものと考えられた。

- ③踏切2歩前支持前半で関節の屈曲による緩衝動作を起こさないで身体重心の鉛直加速度を小さくできていたのは、踏切3歩前の滞空期を減少させ、踏切2歩前の接地のタイミングを早めていたことが原因となっていると考えられた。
- ④踏切2歩前の支持前半の膝関節の屈曲動作を抑え、支持前半の大腿角速度を大きくすること及び上体の起きあがりを抑えることが助走速度を高めることにつながることが示唆された。
- ⑤踏切2歩前離地後の踏切脚の前方への素早いリカバリ動作が跳躍パフォーマンスを高めることに影響を与えると考えられた。

付記

本研究は、(財)日本陸上競技連盟科学委員会の協力により行われたものである。

本研究の一部は、日本体育学会第59回大会(2008年9月、早稲田大学)において発表したものである。また、本研究の遂行にあたり、一部、平成19年度から平成21年度の科学研究補助金(基盤研究(c)、課題番号19500529)交付を受けた。

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 Sci* 15 (3):155-162.
- 阿江通良・大村一光・金高宏文・飯干明・山田哲・伊藤信之・植田恭史(1999)一流走幅跳選手の踏切準備動作のバイオメカニクスの分析. 平成10年度日本体育協会スポーツ科学研究報告集1:183-186.
- 青山清英・小木曾一之・安井年文・青山亜紀・重城哲・澤野大地(2005)走幅跳の踏切準備動作における身体各部の使い方に関するバイオメカニクスの研究. *陸上競技研究* 63 (4):28-35.
- Bosco, C., Luhtanen, P. and Komi, P. V. (1976) Kinetics and kinematics of the take-off in the long jump. In Komi, P. V. (ed.), *Biomechanics V-B*. Baltimore, MD: University Park Press, pp.174-180.
- Coe, M. (1997) Kinematic-dynamic analysis of the takeoff action in the long jump. *Track Coach* 139:4443-4453.
- 羽田雄一・阿江通良・榎本靖士・法元康二・藤井範久(2003):100m走における疾走スピードと下肢関節のキネティクスの変化. *J J Biomechanics Sports Exercise* 7 (3):193-205
- Hay, J.G., Miller, J. A. Jr. and Canterna, R. W. (1986) The techniques of elite male long jumpers. *J. Biomechanics* 19:855-866, .
- Hay, J G (1988) Approach strategies in the long jump.

- Int J Sports Biomechanics 4:114-129.
- Hay, J. G. and Nohara, H. (1990) Techniques used by elite long jumpers in preparation for takeoff. J. Biomechanics 23 (3):229-239.
- Hay, J. G., Thorson, E. M. and Kippenhan, C. (1996) Why have our women long jumpers been much less successful than our men? Track Coach 137:4374-4377.
- 伊藤章・市川博啓・斉藤昌久・佐川和則・伊藤道郎・小林寛道 (1998) 100 m 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.
- 伊藤信之 (2002) 走幅跳における助走の流れについて-滞空時間の変化に着目して-. J Research Development Future Athletics 1 (2):20-23.
- 伊藤信之 (2003) 水平跳躍種目における助走とスプリントとの違いについて. J Research Development Future Athletics 2 (1):1-5.
- 伊藤信之・阿江通良・村木有也・小山宏之 (2006) 水平跳躍種目の助走における疾走動作の特徴について:日本一流走幅跳及び三段跳選手の場合. スプリント研究 16:60-71
- 川本和久・池田久美子 (2003) 女子走幅跳競技者の記録変遷の要因について. 陸上競技研究 55:37-43.
- Koe, T J and Hay, J G (1990) Landing leg motion and performance in the horizontal jumps. 1 the Long Jump. Int J Sports Biomechanics 6:343-360.
- 小山宏之, 村木有也, 阿江通良 (2003) 男子一流走幅跳選手の踏切動作の分析. 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT 2 (1):36-37.
- 小山宏之・阿江通良・村木有也・高本恵美・永原隆・吉原礼・大嶋雄修 (2008 a) 第11回世界陸上大阪大会における男女走幅跳のバイオメカニクスの分析. 陸上競技研究紀要 4:104-114.
- 小山宏之・村木有也・阿江通良 (2008 b) 大阪世界陸上大会男子走幅跳の踏切動作のバイオメカニクス. バイオメカニクス研究 12 (2):127-133.
- Lee, D.N., Lishman, J.R. and Thomson, J.A. (1982) Regulation of gait in long jumping. J Exp. Psychol. : Hum. Percept.Perform. 8:448-459.
- Lees A, Derby D and Fowler N (1993) A Biomechanical analysis of the last stride, touch-down, and takeoff characteristics of men's long jump. J Applied Biomechanics 10:61-78.
- Miladinov, O. (2006) New aspects in perfecting the long jump technique. New Studies in Athletics 21(4):7-25.
- 森長正樹・安井年文・重城哲・加藤弘一・岡野雄司・小山裕三・澤村博 (2003) 走幅跳の成功試技と失敗試技における踏切および踏切準備動作の相違. 陸上競技研究 52 (1):12-21.
- 日本陸上競技学会第6回大会シンポジウムⅡ「走幅跳」 (2008) 走幅跳の運動感覚的技術内容 (パネリスト森長正樹). 陸上競技学会誌 6 (1):31-33.
- 村木有也・阿江通良・小山宏之・伊藤信之・山下訓史 (2004 a) 男子走幅跳の踏切準備および踏切局面における動作変化パターン. 日本陸連科学委員会研究報告, 3 (1):81-86.
- 村木有也・阿江通良・小山宏之 (2004 b) 女子走幅跳の踏切準備および踏切局面における動作の事例報告. 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT 2003, 3 (1):87-90.
- 村木有也・阿江通良・小山宏之 (2005 a) 一流男子走幅跳選手の踏切準備および踏切局面における身体重心速度変化. 陸上競技研究紀要 1:142-145.
- 村木有也・阿江通良・小山宏之 (2005 b) 2004 年度日本選手権男子走幅跳選手の跳躍動作の事例報告. 陸上競技研究紀要 1:147-151.
- Nixdorf, E. and Bruggemann, P. (1983) Zur absprungvorbereitung beim weitsprungete eine biomechanische untersuchung zum problem der korperschwerepunktensenkung. Die Lehre der Leichtathlet 41:1539-1541.
- 大村一光・飯干明・小山宏之・村木有也・阿江通良 (2008) 日本ジュニア走幅跳選手の助走における視覚コントロールが助走の正確性とパフォーマンスに及ぼす影響. 陸上競技研究紀要 4:1-9.
- Panoutsakopoulos, V., Kollias, I. (2007) Biomechanical analysis of sub-elite performers in the women's long jump. New Studies in Athletics 22 (4):19-28.
- 志賀充・永井純・尾縣貢・宮下憲・大山卞圭悟 (2002) 走幅跳における踏切準備及び踏切局面の身体動作と記録の関係. 陸上競技研究 51 (4):9-17.
- Winter DA (1990) Biomechanics and motor control of human movement. 4343, John Wiley and Sons, New York.

[研究]

男子やり投日本トップ選手における投てき動作の縦断的評価

村上幸史¹⁾, 田内健二²⁾, 遠藤俊典³⁾, 村上雅俊⁴⁾, 本道慎吾³⁾, 畑瀬 聡⁵⁾

A longitudinal biomechanical evaluation about throwing technique of Japan national champion of men's javelin throw.

Yukifumi Murakami¹⁾, Kenji Tauchi²⁾, Toshinori Endo³⁾, Masatoshi Murakami⁴⁾, Shingo Honda³⁾, Satoshi Hatase⁵⁾

Abstract

The purpose of the present study was to clarify the problem of throwing motion to develop the world class performance for Japan national champion of men's javelin throw by means of longitudinal follow-up study. About the throwing technique of national champion, within subject comparisons about the change during four years (from 2004 to 2007) and the comparisons of technical difference between the national champion and world class throwers were made. To evaluate the throwing motion, leg-trunk-arm model which is able to elucidate the contribution of each body segment to the velocity of javelin in time series.

Although the throwing distance of national champion were maintained (around 79 m) for four years, his throwing motion has changed gradually from the relatively higher contribution of the arm swing motion in 2004 to the higher contribution of the trunk rotational (around the long axis) motion in 2007. On the other hand, the world class javelin throwers motion totally was not similar to the national champion's motion pattern in 2007 but the motion pattern in 2004, except the high contribution of the trunk rotation.

These results suggested that faster arm swing relative to the trunk, like in 2004, in addition to the high contribution of trunk rotation, like in 2007, is favorable to obtain the world class performance for the national champion.

キーワード：やり投，世界トップレベル，動作の縦断的評価，身体各部位の貢献

1. 緒言

やり投のトレーニング現場においては、選手やコーチが自らの経験や知識をもとにして、競技力を向上させるために日々試行錯誤を繰り返している。やり投に限らず陸上競技の投てき種目においては、トレーニングの成果を投てき距離の増減によって判断することができるが、多くの場合、ビデオカメラなどを用いて投てき動作を記録し、試合後に確認する作業を行っている。このことは、選手あるいはコーチはトレーニングの成果を単に投てき距離の増減のみでなく、投てき動作のできればにも求めていることを示している。すなわち、選手個人内での投てき動作の縦断的な変化と実施したトレーニングとを照らし合わせることによって、新たなトレーニング課題の設定、あるいはその後のトレーニング内容の計画、修正

を行っていると考えられる。したがって、選手個人内における投てき動作の変化をより客観的（バイオメカニクス的）に評価することは、当該選手においてより良いトレーニングを実施するために有用な知見が得られると考えられる。加えて、分析対象となる選手が世界にも通用するトップレベルの選手であれば、単に選手個人への利益だけでなく、より良い投てき動作を明らかにするという点においても、多くの有益な情報を引き出せると考えられる。しかし、これまでのやり投に関する研究は、世界トップレベル選手の動作を事例的に紹介したもの（若山ら，1994；Morriss et al., 1997；Campos et al., 2004），異なる競技レベル間で動作を比較したもの（Bartlett et al., 1996；野友ら，1998），投てき距離と動作のパラメータとの相関関係を検討したもの（村上ら，2003；Murakami et al., 2006）などがあるが、投てき動作の縦断的な変化を報告した研究は極めて少ない。

動作を縦断的に評価するためには、パフォーマンスに直結するような動作（動作の着眼点）をある程度明確にしておく必要がある。しかし、やり投の投てき動作は、助走からクロスステップを経て投動作を行うが、投動作のみを考えても下肢のブロック動作、体幹の捻り戻し、肩関節の回旋動作、上肢の伸展動作などがみられ（Morriss and Bartlett, 1996），それらの動作が複合して成立しているために、その動作の着眼点を明確にするだけでも多くの労を要する。したがって、可能であれば、ある特定の動作にとらわれることなく、投てき動作全体の特徴を簡便に評価できることが望まれる。このことに対して田内ら（2006）は、やり投と同様に身体各部位の複合動作である砲丸投の投てき動作を下肢-体幹-上肢モデルによって簡便に評価できることを報告している。このモデルは、時々刻々と変化する投てき物の速度を下肢、体幹、上肢の各部位動作の速度の総和として考えることによって、投てき物の速度に対する身体各部位動作の貢献の仕方を定量化することができ、投てき動作全体

1) スズキ株式会社 Suzuki Motor Corporation 〒432-8611 静岡県浜松市南区高塚町 300

2) 早稲田大学 Waseda University 〒359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島 2-579-15

3) 青山学院大学 Aoyama Gakuin University 〒229-8558 神奈川県相模原市淵野辺 5-10-1

4) 愛媛女子短期大学 Emime Women's College 〒798-0025 愛媛県宇和島市伊吹町 421

5) 群馬総合ガードシステム Gunma Sogo Guard System 〒371-0854 群馬県前橋市大渡町 2-1-5

の特徴を把握できる利点がある。

そこで本研究では、下肢-体幹-上肢モデルを用いて男子やり投日本トップ選手における2004年から2007年までの4年間の投てき動作の変化を縦断的に評価し、世界トップレベルに達するための動作課題を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2.1. データ収集

分析対象者は、世界選手権およびオリンピックに2度ずつ出場しているA選手（身長：185 cm，体重：94 kg，自己最高記録：81.71 m）であった。分析試技は、2004年は静岡国際陸上，2005年および2006年は日本選手権，2007年は大阪グランプリの各試合において最も良い投てき距離を記録した試技とした。なお，すべての分析試技はA選手の年次最高記録，あるいはそれとほぼ同等の投てき距離を記録した試技であった（表1）。また，A選手の比較対象として2007年に開催された大阪世界陸上男子やり投ベスト8の選手（世界トップ8）の試技も同様に分析した。

各試合における試技を，選手の後方および側方からデジタルビデオカメラ（SONY，VX 2000）を用いて，毎秒60フィールド，露出時間1/1000秒にて撮影した。また，助走路の中央，ファウルラインより後方6 m地点を原点とし，縦6 m×横4 m×高さ2.5 mの画角を設定し，合計9カ所にキャリブレーションポール（マーク間隔0.5 m）を立てた。本研究では，投てき方向をy軸，y軸に対して左右方向をx軸，鉛直方向をz軸とした右手系の静止座標系を設定した。なお，本研究におけるデータ収集は，日本陸上競技連盟科学委員会バイオメカニクス班の活動によるものであった。

2.2. データ分析

2台のカメラによって撮影された映像をPCに取り込み，動作解析ソフト（Frame-DIAS II，DKH）を用いて，やり（グリップ，先端）および身体各分析点（23点）を毎秒60コマでデジタル化した。デジタル化された座標値を3次元DLT（Direct Linear Transformation）法により実空間座標に変換し，やりおよび身体分析点の

3次元座標を求めた。2方向からの画像の同期は，リリース時点のコマ数を合わせることで行った。算出された3次元座標はカットオフ周波数8 Hzのバタワースデジタルフィルタにより平滑化した。

2.3. 算出項目

本研究では，各データを算出するにあたり，最終的なクロスステップ後の右足接地（R-on），左足接地（L-on）およびやりのリリース（REL）の各イベントを設定し，右足接地から左足接地までを準備局面，左足接地からリリースまでを投局面とした。なお，世界トップ8の試技については，準備局面と投局面の遂行時間の平均値の比がおおよそ6:4であったことから，準備局面を0%–60%，投局面を60%–100%に規格化して，各データを処理した。

やりのリリースパラメータ（リリース速度，リリース高，リリース角度および迎え角）は，村上ら（2008）の定義にしたがって算出した。

本研究では，田内ら（2006）が提案した下肢-体幹-上肢モデルを用いてやり投の投動作を評価した。このモデルは，相対運動の考え方（阿江と洪川，1980）を導入して，左右大転子，左右肩峰およびグリップの計5点の座標値を用いることで，やり速度に対する身体各部位の貢献の仕方を明らかにできるものである。下肢-体幹-上肢モデルにおける角度およびセグメント長の定義を図1に示した。

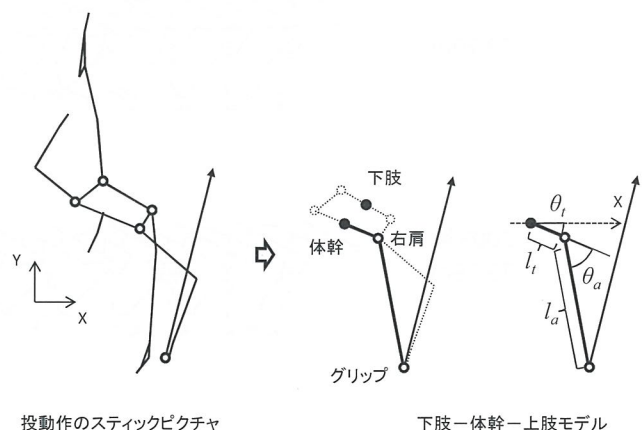


図1 下肢-体幹-上肢モデルにおける角度およびセグメント長の定義

表1 A選手および世界トップ8におけるリリースパラメータおよび局面時間

	年次最高記録	分析記録	リリース速度 (m/s)				リリース高	リリース角度	迎え角	準備局面	投局面
	(m)	(m)	合成	左右	前方	上方	(m)	(deg)	(deg)	(s)	(s)
2004年	81.71	79.70	28.3	2.4	23.5	15.5	1.89	34.3	4.7	0.217	0.133
2005年	79.79	79.79	28.0	3.1	23.3	15.3	1.92	33.8	2.1	0.217	0.133
2006年	78.54	78.54	27.6	2.3	23.2	14.8	1.91	32.3	4.8	0.217	0.133
2007年	79.85	78.26	27.5	2.7	23.6	13.8	1.88	30.1	4.8	0.217	0.133
世界トップ8	平均値	85.69	29.1	1.2	24.1	16.0	1.85	34.8	5.7	0.198	0.121
	標準偏差	2.68	0.5	2.4	0.7	1.5	0.09	2.4	2.0	0.035	0.015

まず、投てき動作を xy 平面に投影し、下肢の動作は両大転子の中点、体幹の動作は両肩峰の中点の動きに代表させ、それぞれの点の速度を算出することによって、やり速度 (V_j) を下肢 (v_l)、下肢に対する体幹 ($v_{l/l}$)、体幹に対するやり ($v_{j/l}$) の相対速度で示した (式 1)。なお、本研究では投てき方向 (前方; y 方向) のやり速度のみを扱うこととした。

$$V_{j-y} = v_{j/l-y} + v_{l/l-y} + v_{l-y} \cdots \text{式 1}$$

ここで、 v_l は下肢の動作によるやり速度 (以下、下肢)、 $v_{l/l}$ は体幹の前後屈動作 (すなわち、やり投でいう体幹の起こし回転) によるやり速度 (以下、体幹起こし)、 $v_{d/l}$ は体幹と上肢の動作によるやり速度を示すことになる。

次に、 $v_{d/l}$ については両肩の中点から右肩峰までの線分 (l_i)、 l_i と x 軸とのなす角 (θ_i)、右肩峰からグリップまでの線分 (l_a)、 l_a と l_i とのなす角 (θ_a) による極座標で示した (式 2)。

$$V_{d/l-y} = (l_i \sin(\theta_i + l_a \sin(\theta_i + \theta_a))) \cdots \text{式 2}$$

また、式 2 を展開し式 3 とした。

$$V_{d/l-y} = l_i' \sin \theta_i + \theta_i' (l_i \cos \theta_i + l_a \cos(\theta_i + \theta_a)) + l_a' \sin(\theta_i + \theta_a) + \theta_a' (l_a \cos(\theta_i + \theta_a)) \cdots \text{式 3}$$

ここで、 θ_i 、 l_a および θ_a の微分項は、順に体幹の長軸周りの回転動作によるやり速度 (以下、体幹長軸回転)、

上肢の伸縮動作によるやり速度 (以下、上肢伸縮)、体幹に対する上肢の回転動作によるやり速度 (以下、上肢回転) を示すことになる。なお、 l_i の微分項は体幹の伸縮によるやり速度を示すことになるが、実際には体幹の伸縮はほぼないとみなすことができ、実際に算出された値も 0 に近かったために、本研究では l_i の微分項については考慮しないこととした。

以上の式 1 および式 3 から、やり速度は下肢、体幹起こし、体幹長軸回転、上肢伸縮および上肢回転の 5 つの身体動作によるやり速度の総和として考えることができる。なお、本研究では各部位動作によるやり速度の大きさを、やり速度に対する各部位動作の貢献の大きさを示す指標としてみなすこととした。

3. 結果

図 2 に、A 選手における 2004 年から 2007 年までの投動作のスティックピクチャを示した。全体的にみると各年次間では再現性の高い投動作であったが、投局面をみると 2004 年および 2005 年では腰の位置が若干後方に残ったままリリースを迎えているのに対して、2006 年および 2007 年では腰の位置がやや前方に移行していることが観察された。

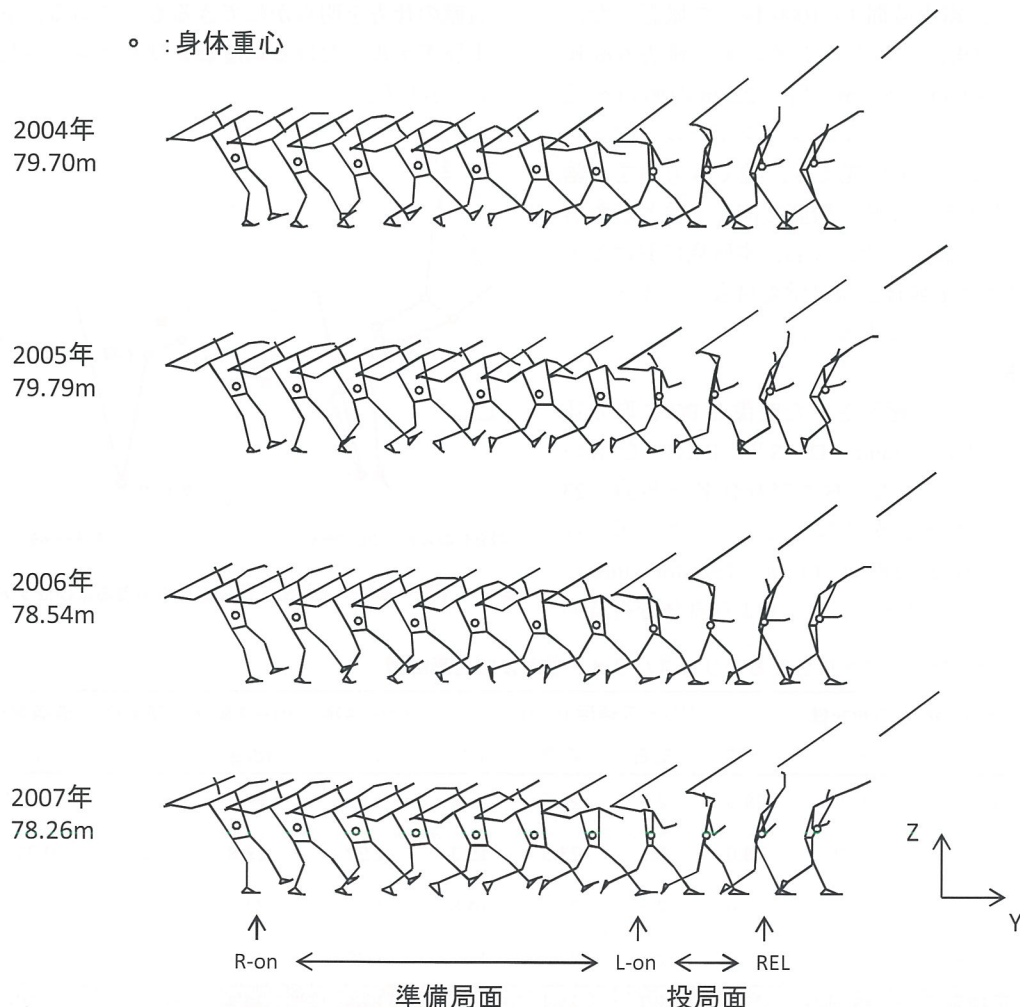


図 2 A 選手における右足接地からリリースまでのスティックピクチャ

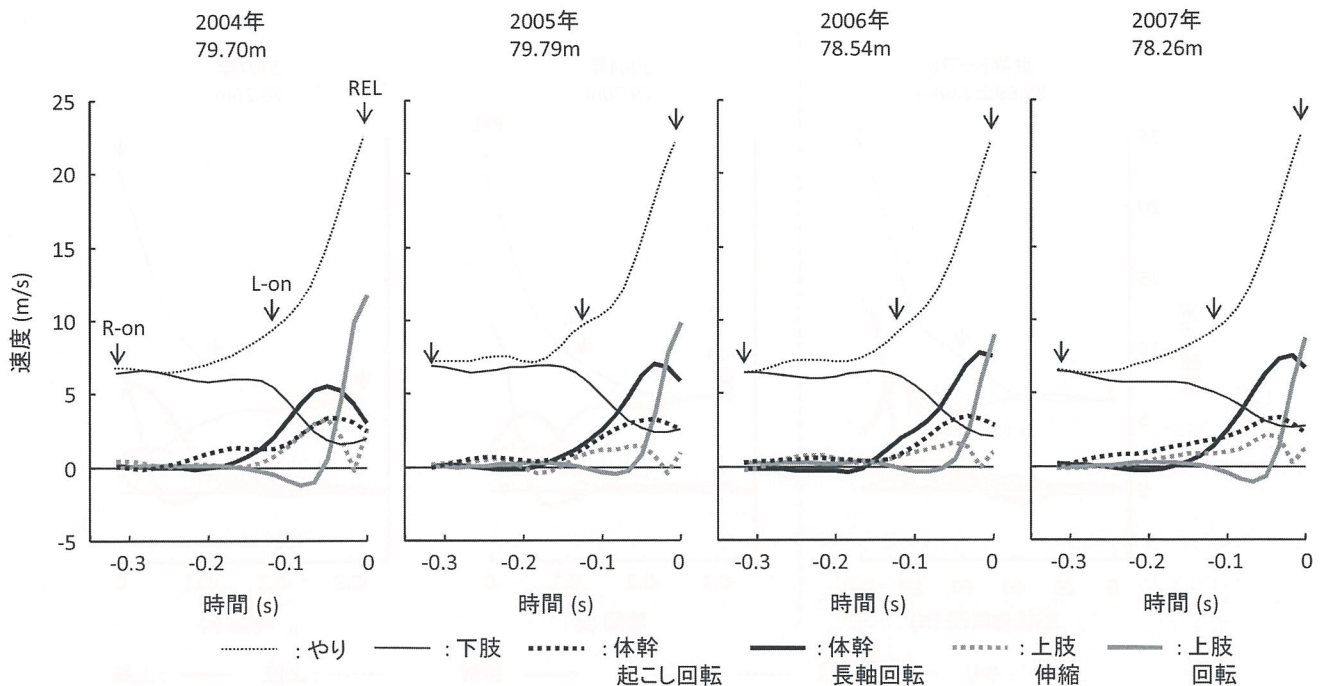


図3 A選手におけるやりのリリース速度（前方）に対する身体各部位動作の貢献の仕方の年次変化

表1に、A選手におけるやりのリリースパラメータおよび局面時間の年次変化を示した。また、比較対象である世界トップ8のリリースパラメータおよび局面時間も示した。年次間で比較すると、合成、左右および前方のリリース速度は大きな差は認められなかったが、2006年以降は若干上方のリリース速度が低値を示す傾向であった。また、リリース角度は2006年度以降で低値を示す傾向であった。準備局面および投局面ともに年次間で差は認められなかった。世界トップ8と比較するとA選手は合成、前方および上方のリリース速度が低値を示す傾向であったが、その他のパラメータには大きな相違点は認められなかった。

図3に、A選手におけるやりのリリース速度に対する身体各部位動作の貢献の仕方の年次変化を示した。下肢-体幹-上肢モデルを用いて、やりの前方のリリース速度を身体各部位動作によるやり速度の総和として評価したところ、年次にかかわらず、やり速度は準備局面ではほぼ下肢のみが貢献しており、投局面開始時に下肢の貢献が急激に低下するのと同様に体幹の長軸回転、体幹起こし回転、上肢の伸縮の貢献がそれぞれ高まり、最終的に上肢回転の貢献が高まるパターンを示した。年次間で比較すると、2004年から2007年にかけて下肢はL-on以降の急激な低下が抑えられ、リリース時の貢献が若干高くなる傾向がみられた。また、体幹長軸回転は投局面での貢献が漸増しており、かつピーク値の出現するタイミングがリリースに近づく傾向がみられた。これとは反対に、上肢回転の貢献は漸減していた。体幹起こしおよび上肢伸縮の貢献には大きな変化は認められなかった。

図4に、世界トップレベル選手におけるやりのリリース速度に対する身体各部位動作の貢献の仕方の平均パターンを示した。また、比較対象としてA選手における2004年および2007年のパターンも示した。世界トップ8のパターンは、体幹長軸回転のピーク値が比較的前半に出現し、リリース付近で上肢回転の貢献が顕著に高まるというA選手の2004年のパターンと類似していたが、体幹長軸回転のピーク値は2007年の値とほぼ同様であった。

図5に、A選手における2004年および2007年の体幹および上肢の角速度、体幹とグリップおよび右肩峰とグリップとの距離を示した。また、比較対象である世界トップ8の値も同様に示した。2004年と2007年とを比較すると、体幹の角速度のピーク値はほぼ同様であったが、2007年がよりリリースに近いタイミングで出現していた。また、上肢の角速度は2004年が負のピークが低値、正のピーク値が高値を示した。体幹とグリップおよび右肩峰とグリップとの距離は、投局面において2004年2007年ともにほぼ同様であった。世界トップ8の体幹および上肢の角速度は、A選手の2004年のパターンとほぼ同様であった。一方、世界トップ8の体幹とグリップおよび右肩峰とグリップとの距離はともにA選手と比較して顕著に大きかった。

図6に、A選手の2004年および2007年における体幹および上肢の時系列変化を示した。2007年は2004年と比較してL-onからRELまでの体幹の前方への移動距離が長く、体幹がより左回旋位でリリースしている傾向がみられた。2004年は2007年と比較してL-on付近での体幹と上肢とのなす角がより鋭角である傾向がみられた。

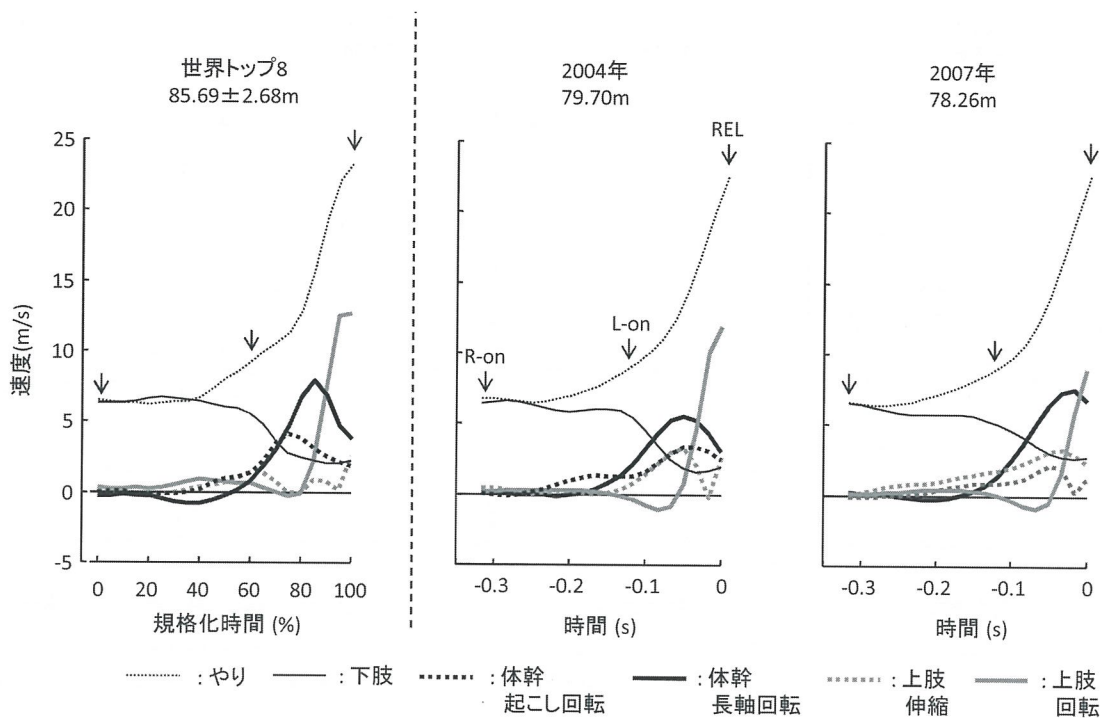


図4 世界トップレベル選手におけるやりのリリース速度（前方）に対する身体各部位動作の貢献の仕方の平均パターン

4. 考察

本研究の目的は、男子やり投の日本選手権者であるA選手の2004年から2007年までの投てき動作をバイオメカニクスの観点から縦断的に評価し、A選手が世界トップレベルに達するための動作的課題を明らかにすることであった。A選手の2004年から2007年における年次最高記録は81.71 mから78.54 mの範囲内であり、この4年間は高いレベルを維持していたといえる。また、本研究で分析した各年次の試技は、年次最高あるいはそれに極めて近い投てき距離を記録した試技であることから、A選手における投てき動作の変化の有無を縦断的にとらえられるものであったと考えられる。

A選手のリリースパラメータをみると、投てき記録がほぼ等しいことから、全体的には大きな変化を示すパラメータはなかったが、2006年および2007年は2004年および2005年と比較して上方向のリリース速度およびリリース角度が低値を示していた（表1）。このことは、A選手は2004年から2007年にかけてやや低く投げ出す投てき動作に変化したことを示唆するものである。世界トップレベルのリリースパラメータと比較すると、A選手のいずれの年次のリリース高およびリリース角度（迎え角も含む）は、ほぼ世界トップレベルの標準偏差内にあったが、合成のリリース速度が低値を示した（表1）。Murakami et al. (2006) は、投てき距離とリリースパラメータとの相関関係を検討した結果、リリース速度との間にのみ有意な正の相関関係が認められたことを報告している。このことから、本研究の結果はA選手が世界

トップレベルに達するためにはリリース速度を高めることが最も重要な課題であることを示唆している。そこで本研究では、リリース速度の中でも、特に投てき方向（前方）のリリース速度に着目し、投てき方向のリリース速度を生み出す投てき動作についてバイオメカニクスの評価することとした。

4.1. 下肢－体幹－上肢モデルによるやり投の投てき動作の縦断的評価

本研究では、田内ら（2006）が提案した下肢－体幹－上肢モデルを用いてA選手のやりの投てき方向（前方）のリリース速度に対する身体各部位動作の貢献の仕方を縦断的に検討した。その結果、年次にかかわらず、やり速度は準備局面ではほぼ下肢のみが貢献しており、投局面開始時に下肢の貢献が急激に低下するのと同期して体幹起し回転、体幹の長軸回転、上肢の伸縮の貢献が順に高まり、最終的に上肢回転の貢献が高まるパターンを示した（図3）。投動作においては、腰から肩、肘、手へと身体の中心部分から末端部分にかけて順次速度が高まっていく運動連鎖（kinetic chain）がみられることが知られている（Joris et al., 1985）。本研究の結果においても下肢から体幹、上肢が順にやりの速度に貢献していく様相が認められたことは、本研究で用いた下肢－体幹－上肢モデルによってやり投の投てき動作がおおよそ評価できることを示唆するものである。このことからA選手の各年次のパターンを比較すると、2004年から2007年にかけて、投局面における下肢の貢献が微増しており、体幹長軸回転の貢献については漸増し、かつピーク値の出現するタイミングがリリースに近づく傾向がみられた。

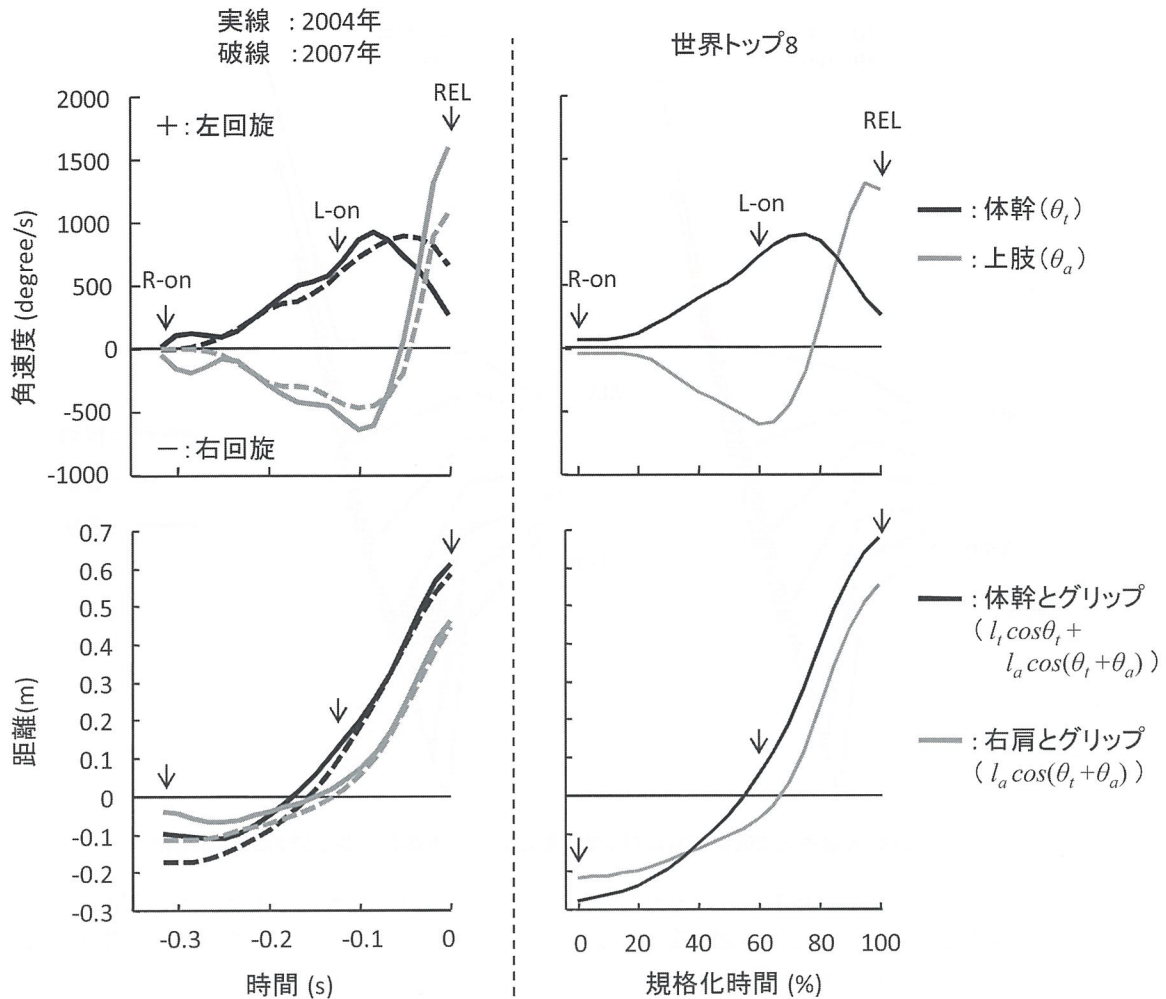


図5 A選手の2004年, 2007年, および世界トップ8における体幹および上肢の角速度 (上図), 体幹とグリップおよび右肩峰とグリップとの距離 (下図)

これとは反対に, 上肢回転の貢献は漸減していた (図3). このことは, A選手は投局面において主に体幹に対する上肢のスイング動作によってやりを大きく加速させる投げから, 体幹をより前方へ移行させながら, 体幹の長軸回転動作と上肢のスイング動作を合わせてやりを大きく加速させる投げに変化していたことを示唆するものである. 簡単にいえば, 上肢を積極的に利用した投げから体幹を積極的に利用した投げへと変化したということである. 図2に示した側方からのスティックピクチャをみると, 2004年および2005年では腰の位置が若干後方に残ったままリリースを迎え, 体幹の前傾が強く表れているのに対して, 2006年および2007年では腰の位置がやや前方に移行しながらリリースを迎えていることが観察され, 上述の結果の一部を視覚的にも裏付ける結果であるといえよう. 以上のことから, A選手においては前方のリリース速度は2004年から2007年までほとんど変化していないが, それを生み出す身体各部位の動作の貢献の仕方は, 上肢の貢献が優位な投げから体幹の貢献が優位な投げへと徐々に変化していたとまとめられる.

4.2. 世界トップレベル選手の動作パターンからみたA選手における投てき動作の課題

A選手において重要なことは, 2004年から2007年までの動作の変化が, 世界トップレベルの動作に対してどのように位置付けられるかであろう. そこで, 本研究では2007年に大阪で開催された世界選手権男子やり投において入賞した8名の選手を対象にして, 投てき方向のリリース速度に対する身体各部位動作の貢献の仕方の平均パターンを算出した. その結果, 投局面前半では体幹長軸回転の貢献が顕著に高く, ピーク値出現のタイミングも比較的前半にみられ, つづく後半では上肢回転の貢献が顕著に高かった (図4). このパターンはA選手の2004年にみられたパターンと類似していた. このことは, 本研究の結果におけるA選手の2004年から2007年までの動作の変化は, 世界トップレベルのパターンに近づくような変化ではないことを示唆するものである. しかしながら, 世界トップレベルにおける体幹長軸回転および上肢回転の絶対値のみをみると, 前者はA選手の2007年, 後者は2004年の値と類似している. したがって, やや短絡的ではあるがA選手が世界トップレベ

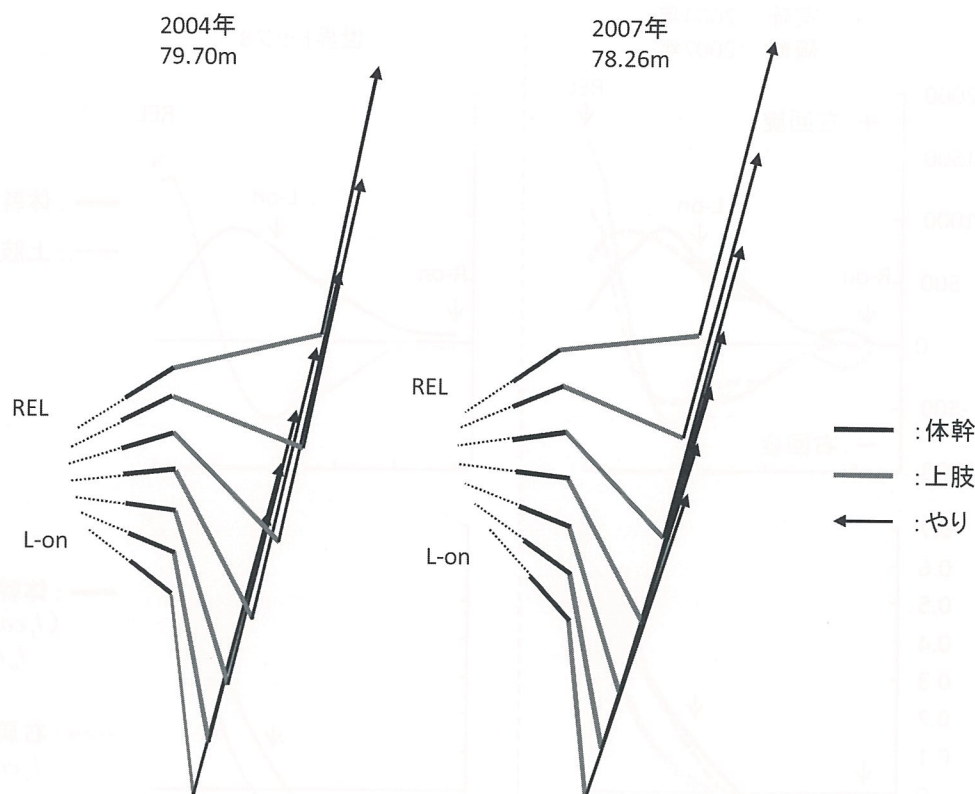


図6 A選手の2004年および2007年における体幹および上肢の時系列変化

ルに至るための課題としては、2004年にみられた体幹に対して上肢がより速くスイングされる動作を行いながら、2007年においてみられた体幹を積極的に利用する投げを獲得することであると考えられる。

4.3. A選手における投てき動作の課題解決のための理論的示唆

ここまで指摘した内容から、A選手における投てき動作の課題を解決するための理論的示唆を得るためには、体幹長軸回転と上肢回転との相互関係に着目する必要があると考えられる。式3から、前者は体幹の角速度と体幹からグリップまでの距離との積、後者は上肢の角速度と右肩からグリップまでの距離との積で決まることがわかる。そこで本研究では、体幹長軸回転と上肢回転との相互関係を詳細に検討するために、体幹および上肢の角速度、および体幹からグリップ、右肩からグリップまでの距離（正確にはそのコサイン成分）について2004年と2007年とを比較した。その結果、距離については年次間に大きな差は認められなかった（図5左下図）。一方、体幹の角速度は準備局面から常に正の値を示し、ピーク値はほぼ同様であったが、2004年がより早くピークに達していた。また、上肢の角速度は負から正の値へと切り替わるパターンを示し、2004年が負のピークが低値、正のピーク値が高値を示した（図5左上図）。これらのことは、2004年と2007年との波形の違いは、主に体幹および上肢の角速度の違いによるものであったことを示唆している。準備局面において体幹と上肢の角速度が、ほぼ正負対照の波形を示したのは、上肢の左回旋に先立っ

て体幹が左回旋し始めることに起因する。つまり、上肢の位置が変化せず体幹のみが左回旋すれば、結果として上肢は体幹に対して右回旋したことになる（＝負の値をとる）ということである。2004年は2007年と比較して、体幹の左回旋の角速度の立ち上がりが急であることから、上肢の右回旋の角速度も大きくなったと考えられる。図6に示したスティックピクチャをみると、L-on時付近の体幹と上肢とのなす角が2004年の方がより鋭角になっていることから理解できよう（このような状態を、投動作においては一般に大きな”しなり”ができていないと表現していると考えられる）。このとき、肩関節周りの筋群に着目すると2004年が2007年と比較してより大きく、速く伸張されていると考えられる。筋はより速く伸張され、即座に短縮することによって、より大きな出力が可能となることが知られており、この筋の収縮パターンは伸張－短縮サイクルとよばれている（Komi and Buskirk, 1972; Aura and Komi, 1986）。したがって、2004年においては上肢の角速度が負から正へとより急激に切り替わり、正のピーク値も高くなった原因には肩関節周りの筋群の伸張－短縮サイクルをより合理的に利用した結果であると解釈できる。一方、世界トップレベルをみると、体幹および上肢の角速度はほぼ2004年と同様であり（図5右上図）、肩関節周りの筋群の伸張－短縮サイクルを有効に利用したことがうかがえる。また、体幹とグリップ、右肩とグリップとの距離では、A選手と比較して顕著に高値を示した（図5右下図）。これらの結果は、世界トップレベルはA選手より長い回転半径であ

りながら、A選手と同程度の角速度を生み出せていたことがより良いパフォーマンスにつながったことを示唆するものである。以上のことから、先に指摘したA選手の動作の課題を解決するための理論的示唆としては、1つには体幹を前方へ移行させながらも、上肢のスイング動作に先立って体幹を速く投てき方向に回転させ、体幹と上肢との位相ずれを大きくすることで、肩関節周りの筋群の伸張-短縮サイクルを有効に利用すること、2つには体幹とグリップとの距離をできるだけ長くすることが挙げられる。

4.4. 本研究結果をフィードバックされた際のA選手のコメント

本研究結果は、A選手にフィードバックされ、その際にA選手は以下のようにコメントしていたので、最後に紹介したい。

「私は、投げの中で“流れ”を非常に大事にしており、2004年から2007年までの動作の変化は自らが意図したような変化であり、世界トップレベルのパターンとは異なっても、自分自身の理想に近づいていると思いました。2004年では自ら“ため”を作り出し、無理やり“しなり”をだそうとして、結果として体幹が止まってしまったのだと思います。このことから、私自身も普段のトレーニングにおいて“流れ”をとめないで“しなり”を作りたいと考えていたので、今回の結果はよく理解できました。指摘された課題および課題解決のための理論的示唆は、今後のトレーニングの中で意識していきたいと思っています。」

5. 要約

本研究では、男子やり投げ日本トップ選手（A選手）における2004年から2007年までの動作を縦断的に評価し、世界選手権上位入賞選手（世界トップ8）との比較から、A選手が世界トップレベルに達するために必要な投てき動作の課題を明らかにすることを目的とした。A選手および世界トップ8の投てき動作は、やりのリリース速度に対する身体各部位動作の貢献の仕方を明らかにできる下肢-体幹-上肢モデルを用いて評価した。A選手の4年間のパフォーマンスはほぼ同程度に維持されていたが、身体各部位動作の貢献の仕方は以下のように変化していた。

- 1) 投局面における下肢の貢献が若干高くなる傾向がみられた。
- 2) 投局面における体幹長軸回転の貢献が漸増し、ピーク値の出現するタイミングがリリースに近づく傾向がみられた。
- 3) 投局面における上肢回転の貢献は漸減していた。

つまり、2004年から2007年にかけて、上肢の貢献が優位な投てきから体幹の貢献が優位な投げへと徐々に変化していたことが示唆された。また、この動作の変化は

A選手が自ら意図的に変化させようとしてきた結果であることも明らかとなった。一方、世界トップ8はA選手と比較して、体幹長軸回転の貢献が高い点は2007年と類似していたが、ピークの出現するタイミングはより前半であり、つづく後半では上肢回転の貢献が顕著に高かったことから、全体的には2007年よりもむしろ2004年のパターンに近かった。したがって、A選手の縦断的な投てき動作の変化は、世界トップレベルの投てき動作に近づいているものではないことが示唆された。このことから、A選手の投てき動作の課題としては、2004年にみられた体幹に対して上肢がより速くスイングされる動作を行いながら、2007年においてみられた体幹を積極的に利用する投げを獲得することであり、この課題解決のために以下のような理論的示唆が得られた。

- 1) 体幹を前方へ移行させながらも、上肢のスイング動作に先立って体幹を速く投てき方向に回転させ、体幹と上肢との位相ずれを大きくする。
- 2) 体幹とグリップとの距離をできるだけ長くする。
A選手は、この理論的示唆を意識しながら、今後トレーニングを行っていくとのことであった。

参考文献

- 阿江通良, 渋川侃二 (1980) 身体運動における身体各部位の貢献度のバイオメカニクスの分析-垂直跳の踏み切りを例にして-。体育学研究 25: 233-243.
- Aura, O. and Komi, P. V. (1986) Effects of prestretch intensity on mechanical efficiency of positive work and on elastic behavior of skeletal muscle in stretch-shortening cycle exercises. *Int. J. Sports Med.* 7: 137-143.
- Bartlett, R., Muller, E., Lindinger, S., Brunner, F. and Morriss, C. (1996) Three-Dimensional evaluation of the kinematic release parameters for javelin throwers of different skill levels. *J. Appl. Biomech.* 12: 58-71.
- Campos, J., Brizuela, G. and Ramon, V. (2004) Three-dimensional kinematic analysis of elite javelin throwers at the 1999 IAAF World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics* 19: 47-54, 2004.
- Jöris, H. J., van Muyen A. J., van Ingen Schenau G. J. and Kemper H. C. (1985) Force, velocity and energy flow during the overarm throw in female handball players. *J. Biomech.* 18: 409-414.
- Komi, P. V. and Buskirk, E. R. (1972) Effect of eccentric and concentric muscle conditioning on tension and electrical activity of human muscle. *Ergonomics.* 15: 427-434.
- Morriss, C. and Bartlett, R. (1996) Biomechanical factors critical for performance in the men's javelin throw.

Sports Med. 21(6) : 438-446.

- Morriss, C., Bartlett, R. and Fowler, N. (1997)
Biomechanical analysis of the men's javelin throw at
the 1995 World Championships in Athletics. New
Studies in Athletics 12 : 31-41, 1997.
- 村上雅俊, 伊藤 章 (2003) やり投げのパフォーマンス
と動作の関係. バイオメカニクス研究 7 : 92-100.
- Murakami, M., Tanabe, S., Ishikawa, M., Isolehto, J.,
Komi, P. V. and Ito, A. (2006) Biomechanical
analysis of the javelin at the 2005 IAAF World
Championships in Athletics. New Studies in Athletics
21 : 67-80.
- 村上幸史, 田内健二, 本道慎吾, 村上雅俊, 小山裕三 (2008)
国内一流男子やり投競技者における成功試技と失敗
試技との投てき動作の比較. 陸上競技研究 75 (4) :
21-28.
- 野友宏則, 富樫時子, 阿江通良 (1998) 記録水準の異な
る選手のやり投動作に関するキネマティクスの研究.
陸上競技研究 32 : 32-39
- 田内健二, 村上雅俊, 高松潤二, 阿江通良 (2006) 砲丸
投げにおける砲丸速度に対する身体各部位の貢献-
世界レベル選手と日本レベル選手との比較-. 陸上
競技研究紀要 2 : 65-73.
- 若山章信, 田附俊一, 小島俊久, 池上康男, 桜井伸二,
岡本敦, 植屋清見, 中村和彦 (1994) やり投げのバ
イオメカニクスの分析. 佐々木秀幸, 小林寛道, 阿
江通良監修, 世界一流競技者の技術. ベースボール
・マガジン社 : 東京, pp. 220-238.

学習指導要領の改訂を踏まえた「陸上運動・競技」の課題と学会の役割

池田 延行（国士舘大学体育学部）

はじめに

平成 21 年度は、学習指導要領改訂に伴う「移行期間（2 年間）」のスタートの時である。陸上競技のリレーで例えれば、「テークオーバー（バトン）ゾーンの中にいる状況」と言うことができる。およそ 10 年に一度のペースで改訂される学習指導要領は、その時代の教育課題に適切に対応できるように検討がなされることになる。我々の関心事である「陸上運動・競技の授業」も、この学習指導要領改訂と基本的な歩調を合わせていく必要があると思われる。

ここでは、「陸上運動・競技の授業」が新学習指導要領の趣旨を生かしたものとなるための基本的な視点と日本陸上競技学会の役割について論じてみたい。

1. 体育は時代とともにある

(1) 学習指導要領における体育の変遷

前述のように、およそ 10 年サイクルで学習指導要領は改訂されるが、その歴史的な変遷をおさえることで、体育がどのように教えられてきたかを把握することができる。戦後各年代の体育の学習指導要領は次のような特徴をもっており、「体育は時代とともにある」ことが理解できるとと思われる。

○昭和 33～35 年改訂：これ以降「文部省告示」となる。

・「運動自体の構造を重視する体育」

○昭和 43～45 年改訂

・「運動の本質的な特性を重視する体育」

○昭和 52～53 年改訂（以下、昭和 52 年改訂）

・「生涯体育（スポーツ）を志向する体育」

○平成元年改訂

・「個に応じた指導を重視する体育」

○平成 10～11 年改訂

・「心と体を一体とした指導を重視する体育（生きる力をはぐくむ体育）」

このような現行学習指導要領

までの 5 回の改訂をめぐっては、表 1 学習指導要領の変遷の比較

昭和 52 年改訂が大きなターニングポイントになっていると言われている。すなわち、昭和 52 年改訂では、生涯学習・生涯スポーツの時代の到来等を背景にして、体育においては運動に親

しむことを重視したいいわゆる「楽しい体育」が登場したことになる。この「楽しい体育」は、運動の機能的特性の重視、運動の手段論から目的・内容論への転換、などが特徴とされ、多くの体育関係者の関心を集めることとなった。現行学習指導要領においても、その基本的な考え方は引き継いでいることになる。

(2) 教育全体と体育は同じ歩みを示している

体育は戦後の学習指導要領で様々なねらいや内容を提示してきたが、こうした体育の変遷は、教育全体の変遷とも同じ歩みをしている。表 1 は、前述の体育の変遷と教育全体の変遷とを並べて示したものである。

細かな表記の違いはあるものの、体育と教育全体が同じ歩みであることが理解できる。

例えば、現行（平成 10 年代）の教育全体のテーマは「教育の総合化」とされるが、体育では「心と体の一体化の重視」としており、基本的な考え方は同じとみてよい。また、昭和 60 年代の教育全体は「教育の個性化」とされるが、体育でも「個に応じた指導の重視」が強調されていたことになる。さらに年代がさかのぼっても、教育全体と体育の共通性を見ることができる。このように、体育は 1 つの教科として教育全体の歩みを支えてきたことになる。

(3) 「カリキュラム改革の振り子」とは？

学習指導要領の変遷は、また指導法の変遷とも密接に結びついている。

指導法に関しては様々な整理の仕方があるが、ここでは、「系統性の強い学習指導法（教師が指導性を強めて系統的に内容を教えていこうとする授業）」と「課題解決的な学習指導法（学習者の興味・関心等を重視して自ら学ぶ学習を主体に授業を進めていく）」の 2 つに区別しておくこととする。この「系統性の強い学習指導法」と「課題解決的な学習指導法」は、各年代でどのように強調されたり転換されたりしてきたであろうか。

（教育全体の変遷）

（志水による）

- 昭和 20 年代：教育の生活化（第 1 次）
- 昭和 30 年代：教育の系統化（第 2 次）
- 昭和 40 年代：教育の科学化（第 3 次）
- 昭和 50 年代：教育の人間化（第 4 次）
- 昭和 60 年代：教育の個性化（第 5 次）
- 平成 10 年代：教育の総合化（第 6 次）

（体育科の学習指導要領の変遷）

- 昭和 20 年代後半：運動を「内容」としてとらえる
- 昭和 30 年代：運動自体の構造を重視
- 昭和 40 年代：運動の本質的な特性を重視
- 昭和 50 年代：生涯スポーツへの志向を重視
- 昭和 60 年代：個に応じた指導の重視
- 平成 10 年代：心と体の一体化の重視

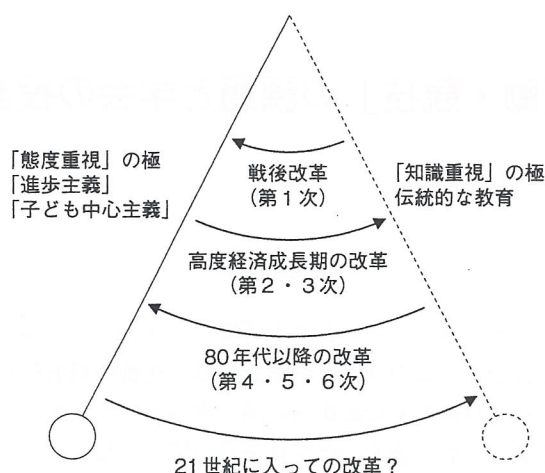


図1 カリキュラム改革の振り子
(志水宏吉「学力を育てる」岩波新書)

この学習指導法の転換は「カリキュラム改革の振り子」として図1のように大変興味深く示されている。

この図では、右側を「知識重視」の極、左側を「態度重視」極としているが、右側を「系統性の強い学習指導法」、左側を「課題解決的な学習指導法」と読み替えることが可能である。例えば、昭和20年代の戦後第1次の学習指導要領は「教育の生活化」が特徴とされているが、その指導法は戦前の統制色の強い教育の反省に立った「問題解決学習」をキーワードとしてしているとされており、「課題解決的な学習指導法」と言えるものである。その学習指導法が昭和30年代、40年代では「教育の系統化」、「教育の科学化」として「系統性の強い学習指導法」にへ転換していくことになったのである。そして、昭和50年代以降は、昭和30年代、40年代の反省に立ち（例えば、教える内容の過多による勉強嫌いの増加、受験勉強の加熱、など）、「教育の人間化」、「教育の個性化」、「教育の総合化」と教育の方向が転換されることによって、再び自ら学ぶ力の育成を目指す「課題解決的な学習指導法」が主流となった。

上記の指摘は、体育の指導法の変遷とも一致している。

すなわち、「教育の系統化」や「教育の科学化」に対応した昭和30年代、40年代の体育では、教師が指導性を強めて運動技能や体力の向上に向けて教えていくこと（系統性の強い学習指導法）が一般的であったと思われる。

そして、「教育の人間化」が特徴である昭和50年代に入り、体育では生涯スポーツを志向した「楽しい体育」が登場し、運動への興味・関心を重視して自ら学ぶ学習を主体に授業を進めていく「課題解決的な学習指導法」へと関心が向けられていくこととなった。この「課題解決的な学習指導法」は、その後、昭和60年代の「個に応じた指導の重視」や平成10年代の「心と体の一体化の重視」を意図した体育においても引き継がれている。例えば、学習

者の興味・関心・意欲などに力点を置いた「新しい学力観」や自ら学ぶ力などの「生きる力の育成」に対応するために、体育では「めあて学習」が登場したのであった。

2. 新学習指導要領の特徴と体育

(1) 新学習指導要領での「カリキュラム改革の振り子」の向かう先

平成20年3月に告示された新学習指導要領は、上記までの記述を踏まえるとどのような特徴を示すことができるであろうか。それは、「カリキュラム改革の振り子」を例にして端的に述べれば、「図1の右側（系統性の強い教育）」へ向けて振り子が振り戻されたということである。この「右側（系統性の強い教育）への振り戻し」の背景には、「ピサショック」と言われた国際比較の中での子どもの学力低下傾向を見ることができ、それは現行の教育政策への「ゆとり教育批判」として広がり、「カリキュラム改革の振り子の振り戻し（教育改革の軸足の変更）」につながったと思われる。

これらは、先の表1の続きとして示すと次のようになる。

	教育全体の変遷	体育の変遷
平成10年代	教育の総合化 (第6次)	心と体の 一体化の重視
平成20年代	教育(内容)の 明確化(第7次)	教える内容を明確 にすることの重視

(2) 新学習指導要領における体育の特徴

「カリキュラム改革の振り子の振り戻し」は、新学習指導要領における体育とはどのように結びついているであろうか。

新学習指導要領の体育の特徴は以下のようにまとめることができる。

①教科のねらいとして、基礎的・基本的な内容を確実に身に付けることを重視する。(各教科で共通)

②そのために、次ような特徴を示した。

1) 小学校・中学校・高校の12年間を「4-4-4」の枠組みで示し、発達段階での特徴的な取り組みを示した。(表2を参照)

表2 12年間を見通したカリキュラムの基本戦略(品田)

小学校						中学校			高校		
1年 (6歳)	2年 (7歳)	3年 (8歳)	4年 (9歳)	5年 (10歳)	6年 (11歳)	1年 (12歳)	2年 (13歳)	3年 (14歳)	1年 (15歳)	2年 (16歳)	3年 (17歳)
各種の運動の基礎を培う時期						多くの領域の学習を経験する時期			少なくとも1つの運動やスポーツを継続することができるようにする時期		
〈基礎的学習〉 多様な身体感覚 やさしい運動遊びやゲーム						〈選択学習への準備〉 本格的なスポーツの習得			〈選択学習〉 マイ・スポーツの獲得 多様な楽しみ方の実践		
【第1ステージ】 〈プレ・ゴールデンエイジ期〉 多様な動きの基礎づくり 運動の楽しさ 調整力(動きづくり)						【第2ステージ】 〈ゴールデンエイジ期〉 基本的な動きの獲得 ケガの予防 持久力(スタミナ)			【第3ステージ】 〈ポスト・ゴールデンエイジ期〉 動きの洗練化 力強さ・素早さ 筋力(パワー)		

2) 小学校段階から、各運動領域の系統を明確にした。
(具体的改訂の例)

- ・小学校低・中学年の「基本の運動」を廃止したこと。

3) 各運動領域で指導内容を明確にした。

(具体的改訂の例)

- ・ボール運動・球技の内容を「〇〇型(ゲーム)」として3類型で示したこと。

4) 体力・運動能力の低下傾向への対応を示した。

(具体的改訂の例)

- ・小学校低学年から「体づくり運動領域」を導入したこと。

3. 新学習指導要領での「陸上運動・競技」の扱い

(1) 新学習指導要領における「陸上運動・競技」の内容と取り扱い

表3は、新学習指導要領における「陸上運動・競技」の内容と取り扱いを小学校～高校までの一覧として示したものである。

この表からは、各学年段階での以下のような事項を把握することができる。

○どのような内容(取り上げる種目や思考・判断の中身)を教えようとしているか。

○その内容はどのように取り扱われようとしているか。

○領域や種目は必修なのか選択なのか。

これらの内容と取り扱いの一覧から新学習指導要領における「陸上運動・競技」の特徴をいくつか整理して示してみたい。

①「技能」の内容(教える内容)がより明確に示された。
現行の学習指導要領と比較すると、「技能」の内容が各学年ごとに、より詳細に整理され示された。表4は、新学習指導要領及び解説に示された「走り高跳びの技能の内容」を動きの局面(助走→踏み切り→着地)ごとに整理してまとめたものであり、この記述内容がいわば「児童・生徒に教えたこと」となってくる。

各学年段階での「技能の内容」が系統的に整理されたことから、今後の「陸上運動・競技の授業」の重要な手がかりとなるように思われる。

②「思考・判断」の内容に新たな事柄が示された。

現行学習指導要領では「学び方の内容」とされていたものが、新学習指導要領では「思考・判断(中学校以降は「知識」も含まれる)」の内容として示された。中学校段階以降では、以下のような事柄である。

- 1) 陸上競技の成り立ち
- 2) 技術の名称や行い方
- 3) 関連して高まる体力及び体力の高め方
- 4) 運動観察の方法、など

これらの事柄は、従前は主に「体育に関する知識、体育理論」などで学んできたが、新学習指導要領では、その運動領域に固有の知識や体力の高め方などは各運動領域ごとの授業で学ぶ必要が生じたことになる。

③「陸上競技の授業」は、中学校からは選択して学習される。

運動領域や運動種目を選択して学ぶことは現行学習指

表3 新学習指導要領における「陸上運動・競技」の内容と取り扱い

学 年	小 学 校 低 学 年	小 学 校 中 学 年	小 学 校 高 学 年	中 学 1・2 年	中 学 3 年	高 校
名 称	走・跳の運動遊び	走・跳の運動	陸上運動	陸上競技	陸上競技	陸上競技
内 容	(1) 技能 ア、走の運動遊び イ、跳の運動遊び (3) 思考・判断 ・運動遊びの行い方を知る。 ・場や遊び方を選ぶ。 ・よい動きを見つける。など	(1) 技能 ア、かけっこ ・リレー イ、小型ハードル走 ウ、幅跳び エ、高跳び (3) 思考・判断 ・練習方法や場を選ぶ。 ・動きを知り、課題を選ぶ。 ・競争の規則を選ぶ。など	(1) 技能 ア、短距離走・リレー イ、ハードル走 ウ、走り幅跳び エ、走り高跳び (3) 思考・判断 ・課題の解決の仕方を知る。 ・練習方法や場を選ぶ。 ・競争や記録の仕方を選ぶ。など	(1) 技能 ア、短距離走・リレー イ、走り幅跳び、走り高跳び (3) 知識、思考・判断 ・陸上競技の特性や成り立ち ・技術の名称や行い方 ・関連して高まる体力、など	(1) 技能 ア、短距離走・リレー イ、走り幅跳び、走り高跳び (3) 知識、思考・判断 ・技術の名称や行い方 ・体力の高め方 ・運動観察の方法、など	(1) 技能 ア、短距離走・リレー イ、走り幅跳び、走り高跳び ウ、投げ、走り高跳び、三段跳び (3) 知識、思考・判断 ・技術の名称や行い方 ・体力の高め方 ・課題解決の方法 ・競技会の仕方、など
内 容 の 扱 い	・2年次の「学んでこ」の指導も行う。	・2年次の「学んでこ」の指導も行う。	・2年次の「学んでこ」の指導も行う。	・第1学年及び第2学年の「学んでこ」の指導も行う。 (2) 学年の「学んでこ」の指導も行う。 (3) 学年の「学んでこ」の指導も行う。	・「器械運動」、「陸上競技」、「ダンス」の中から1つ以上を選択して履修。 (4) 「ア、イ、ウ」の中から1つ以上を選択して履修。 (5) 「陸上競技」の中から1つ以上を選択して履修。	(第1学年) 上水・「器械運動」、「陸上競技」、「ダンス」の中から1つ以上を選択して履修。 (第2・3学年) 「体づくり運動」以外から2つ以上を選択して履修。
必修の有無	必修	必修	必修	必修	選択	選択
領域	必修	必修	必修	必修	選択(ア、イ、ウ、の中から)	選択(ア、イ、ウ、の中から)
種目	必修	必修	必修	必修	選択(ア、イ、ウ、の中から)	選択(ア、イ、ウ、の中から)

表 4 陸上運動・競技「走り高跳び」の表記（新学習指導要領及び解説）

		1 年 ・ 2 年	3 年 ・ 4 年	5 年 ・ 6 年	中学 1 年 ・ 2 年	中学 3 年
ねらいと する動き の様相 (学習指 導要領 レベル)		助走を付 けて片足 で踏み切 り、(前 方)上方 に跳んで り、連続 して跳ん だりする こと。	短い助走 から踏み 切って高 く跳ぶこ と。	リズムカ ルな助走 から踏み 切って跳 ぶこと。	リズムカ ルな助走 から力強 く踏み切 って大き な動作で 跳ぶ。	リズムカ ルな助走 から力強 く踏み切 り滑らか な空中動 作で跳ぶ。
動きの 局面・ 解説レ ベル	助走	助走をつ けること。	3 ～ 5 歩 の短い 助走をす ること。	5 ～ 7 歩 のリズミ カルな助 走をす ること。	リズムを重 視した踏 み切りや すい助走	「中学 1 年・2 年」 と同じ
	踏み切り	片足で踏 み切って 上方へ跳 ぶ。 片足や両 脚で連続 して上方 に跳ぶこ と。	踏み切り 足を決め て上方に 踏み切り 、高く跳 ぶこと。	上体を起 こして踏 み切ること。	足裏で強 く地面を 押すよう にキック する。	真上に伸 び上がる ように踏 み切る。
	空中フ ォーム ・着地		膝を柔ら かく曲げ て、足か ら着地す ること。	はさみ跳 びで足か ら着地す ること。	両脚での 大きなは さみ動作	流れよく 行われる 一連の空 中動作 はさみ跳 びや背面 跳び

指導要領でも実施されているが、新学習指導要領でも踏襲されている。表3に見られるように、中学校段階からは、種目の選択（中学校1年～中学校2年）がスタートし、中学校3年からは運動領域の選択も取り入れられている。この取り扱いからすると、次のようなことが生じる可能性がある。

○中学校入学から高校卒業まで、例えば、「ハードル走」、「走り幅跳び」を全く学習していない。

（中学校以降で示されている陸上競技の種目では、どの種目においても全く学習していないという可能性がある。）

○中学3年生から高校卒業まで、「陸上競技の授業」を全く受けたことがない。

（中学校3年生からは、学習しない運動領域が存在することがある。）

このような運動種目や運動領域の選択的な扱いは「陸上競技」だけではなく、「体づくり運動」と「体育理論」以外では共通のものである。つまりは、中学校段階からは、生徒の運動領域への興味・関心や運動の意義などを踏まえた授業づくりをしないと、「陸上競技の授業」を履修する生徒がいなくなるという状況にもなってくることになる。こうした授業づくりへの危機意識をつねにもちながら、「陸上競技の授業」を検討することが今後とも求められている。

4. これからの「陸上運動・競技の授業」と日本陸上競技学会の役割

今までは学習指導要領改訂に伴う体育の変遷や新学習指導要領のポイント等を述べてきたが、ここではよりレベルの高い「陸上運動・競技の授業」に向けての日本陸上競技学会（以下、「学会」とする）の役割について論

じてみたい。

学会は学際的な組織であり、教育政策を提示・実行していく行政組織ではない。この学際的な組織としての学会の役割を生かすことで、「陸上運動・競技の授業」を支え発展させていくことが期待される。

学会の役割は、おおよそ次の3つにまとめることができよう。

①適切な指導方法の提案と検証

②「学会スタンダード（児童・生徒の到達可能な記録等）」の作成

③「陸上運動・競技の授業」のための実践講座、参考文献・資料等の提供

(1) 適切な指導方法の提案と検証

前述のように、新学習指導要領は、各教科にわたって指導内容の明確化が大きな特徴である。しかしながら、授業づくりのすべてが学習指導要領・解説で提示されているわけではない。例えば、次のようにである。

（小学校高学年・走り高跳びの例）

内 容	どのような授業を目指すか。	ルールを定めて競争したり、記録の伸びや達成を目指しながら、走り高跳びの技能を身に付ける。
	どのようなことを教えるか。	リズムカルな助走をして、上体を起こして踏み切り、はさみ跳びで足から着地する。
方 法	どのような活動で行うか。	各学校、教員が検討する。

上表のように、授業での内容は学習指導要領・解説によって標準的な考え方が提示されているが、指導の方法

については、各学校や教員にその検討が任されることとなる。教え方までは、行政サイドが関わらないということである。したがって、この「指導の方法」に関するより適切な提案や検証が学会の役割として期待されることとなろう。もちろん、今までの学会関係者の豊富な研究実績からは十分な成果が期待できようが、再度、「陸上運動・競技の授業」の観点からの整理や提案内容の検討が求められる。その提案内容には、次のことも含めて欲しいと思う。

①今までの「指導の方法」で「間違いやすい教え方」の指摘と修正方法の提示

(この点では、「体育科教育・2009年5月号」の伊藤、石塚の指摘が興味深い)

②「投げることの指導の方法」と教材の提案

「投げること」については、新学習指導要領でも高校段階で初めて「陸上競技の授業」として登場することになっており、小学校・中学校段階では、主に「ボール運動・球技」で扱われている。しかし、投能力の著しい低下傾向が報告されていることから、「走る」・「跳ぶ」・「投げる」という「陸上運動・競技」の基本的な内容として、「投げる」ことへの積極的な提案や授業での検証が急がれる。

(2) 学会スタンダード(70%~80%が到達可能な記録等)の作成

新学習指導要領改訂に先だって審議された中教審(専門部会)では、審議当初はすべての児童・生徒が身に付けることができる「ミニマムの提示」が検討されたと聞いている。指導内容の明確化は、身に付けることができる「ミニマムの提示」をも伴うことになってくる。しかし、中教審でのその後の審議では「ミニマムの提示」には慎重な意見交換がなされ、最終的には数値等での提示は見送ることとなった。行政サイドからの「数値による到達レベルの設定」は、授業内容を過度にコントロールしかねないとの判断もあったように思われる。

この到達可能なレベルの提示については、学会での検討が期待できよう。その際には、「ミニマム(すべての児童・生徒が身に付ける)」ではなくて、「スタンダード(おおよそ70%~80%の児童・生徒が身に付ける)の提示」が授業づくりには手がかりとなろう。「ミニマムの提示」は、すべての児童・生徒が身に付ける到達記録等となることから、そのレベルを下げざるを得ないからである。)

例えば、新体力テストでの50m走タイム(小学校6年生)の平均と標準偏差は以下の通りである。

	平均タイム(秒)	標準偏差(秒)
男子	8.91	0.76
女子	9.19	0.68

(平成19年度)

これらの平均値は、言わば「小学校6年生の半分が到達できるタイム」であり、上記の「スタンダード」とは異なってくる。

「スタンダードの作成」とは、(1)で述べたような適切な「指導の方法」を行ったことを前提として小学校6年生の70%~80%が到達可能なタイムを設定することであり、「陸上運動・競技の授業」での重要なめやすとなる記録となってこよう。「走る」、「跳ぶ」、「投げる」の各々の種目での「スタンダードの作成」を検討したいと思う。

加えて、学習評価の観点は次のような整理ができることから、「陸上運動・競技」での到達可能な記録等の設定には多様な工夫や取り組みが期待できる。

- 絶対評価：様々な条件等を加味しないで行う到達度の評価
- 相対評価：クラスや学年の中などでの位置づけとしての評価
- 進捗度評価：授業の最初からどのくらい進歩したかの評価
- 個人差を踏まえた評価：個々の力に応じて基準を異にした評価

(ハードル走での個人の短距離走タイムとの比較、など)

- 開発度評価：個人差を踏まえた評価の1つであり、個人の主体的な条件を考慮してどの程度の記録等を開発できたかの評価

(走り高跳びのノムグラム、など)

「陸上運動・競技の授業」は、客観的な数値を目標記録や評価に活用できることが大きな利点・長所である。(器械運動やボール運動・球技、ダンス等では数値化は難しい)

この利点・長所を効果的に生かして「陸上運動・競技の授業」のレベルアップにつなげることが期待される。

(3)「陸上運動・競技の授業」のための実践講座、参考文献・資料等の提供

今まで述べてきた「指導の方法」や「スタンダード」などが学会として検討できたならば、その内容を駆使しての実践講座(児童・生徒向け、教員向け)や様々な情報提供も加速するに違いない。例えば、「速く走りたい!」、「速く走る指導方法を知りたい!」等の児童・生徒や教員、保護者からのリクエストが大変多いことを感じている。今後は、このようなリクエストに応えるための学会としてのサービスプログラムの検討も望まれる。

終わりに

学校は様々な教育課題に直面しながらも、多くの教員や児童・生徒が意欲をもって授業に取り組んでいる。その授業は「時代とともにある」ことを踏まえて、「陸上運動・競技の授業づくり」を考えていきたいと思う。加

えて、中学校段階からの選択的な授業づくりへの意識も高める必要があると思われる。生徒に支持されない運動種目や運動領域は選択の対象から外されてしまうことも予測できるからである。

- 楽しい授業→記録への挑戦や仲間との競争が楽しいこと。
- おもしろい授業→「走る」、「跳ぶ」、「投げる」の動きの妙味・魅力に触れること。
- ためになる授業→運動の成り立ちや技術がわかる、技能や体力が高まること。

こうした授業に向けての学会の積極的な取り組みと情報提供を期待したい。

参考文献

- ・文部科学省, 小学校学習指導要領・解説・体育編, 2008年9月
- ・文部科学省, 中学校学習指導要領・解説・保健体育編, 2008年9月
- ・文部科学省, 高等学校学習指導要領, 2009年3月
- ・志水吉宏, 「学力を育てる」, 岩波新書, 2005年
- ・品田龍吉, 新学習指導要領で陸上運動・競技は何か, どう, なぜ変わったのか
- ・伊藤章, 短距離走・ハードル走授業の間違った常識
- ・石塚浩, スポーツ運動学の視座から陸上運動(競技)の授業を変えてみよう(体育科教育, 2009年5月号, 大修館書店)

バイオメカニクスの知見を背景にした男子やり投げの投てき技術：レビュー

田内 健二（早稲田大学スポーツ科学学術院）

1. はじめに

日本におけるやり投げは、世界に通用する数少ない投てき種目の一つとして認識されてきた。2009年度は、男子では長く日本のやり投げ界を牽引する村上幸史選手が2試合続けて80mを超える投てきをみせ、荒井謙選手が自身初の世界選手権B標準記録突破となる78.55mを投げている。また、女子でも海老原有希選手が世界レベルの基準となる60mを超え、まさに日本のやり投げが世界に通用するレベルにあることを証明している。

やり投げに限らず多くの競技スポーツのトレーニングでは、選手やコーチが試行錯誤を繰り返しながら、競技力向上のための体力向上・技術改善を目指して努力している。その過程では、様々なトレーニングを選手の感覚やコーチの経験などをもとに行うこともあれば、科学的な知見を利用して行うこともある。理想的には、感覚や経験則と科学的な知見とを相補的に扱いながら、トレーニングが実施されることが望ましいと考えられるが、現実的には、感覚や経験則によるトレーニングが先行し、科学的知見は十分に活用できていないのが現状である。このような現状が好ましくないとはいえないが、世界に通用する選手を継続的に輩出させるためには、ガイドライン的な役割を果たす、ある程度体系化されたトレーニング、技術論が必要になると考えられる。そのため、個々の感覚や経験側からの蓄積にとどまらず、同時により客観的な情報を整理、蓄積しておく必要がある。

そこで本稿では、これまで報告されてきたやり投げに関するバイオメカニクス研究をもとにして、やり投げの

投てき技術について、科学的にどの程度まで実証、説明されているのかをまとめ、やり投げに関して体系化されたトレーニング、技術論を構築するための基礎的な知見を得ることを目的とした。

2. やり投げの投てき技術のポイントについて

やり投げは、一般に助走からクロスステップを経て投動作を行う競技である。本稿では、特に最終的なクロスステップ後の右足接地からリリースまでの投てき動作を対象とし、動作中に考えられる技術のポイントを時系列でまとめ、そのポイントに対する科学的知見を紹介していくこととした。図1には、本稿で扱うやり投げの技術のポイントを示した。投てき動作については、右足接地（R-on）、左足接地（L-on）およびやりのリリース（REL）の各イベントを設定し、R-onからL-onまでを準備局面、L-onからRELまでを投局面とした（本稿ではすべて右手投げの場合を考える）。なお、ここに示したポイントは、あくまでも筆者がやり投げを行う上で考慮が必要だと考えるポイントであることをご了承いただきたい。

3. バイオメカニクスの知見を背景にしたやり投げの投てき技術

3.1. 右足接地時

ここでは、最終的なクロスステップ後までの助走速度の大きさ、および右足の接地位置を技術的ポイントとして取り上げた。

Murakami et al. (2006) は、2005年ヘルシンキ世界選手権の上位8名の男子選手および49名の日本選手を対象にして、やりの飛距離と助走速度との相関関係を検討

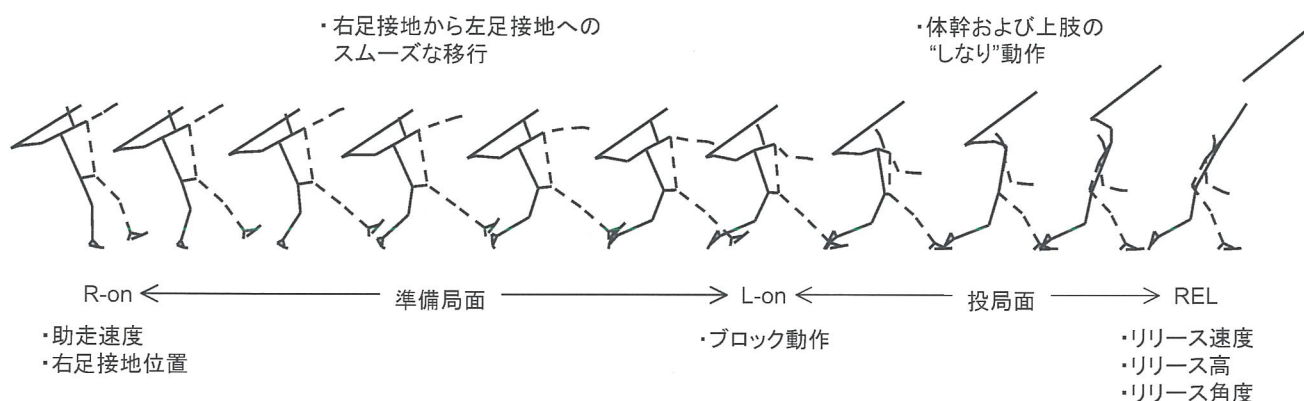


図1 やり投げの投てき技術における技術的ポイント

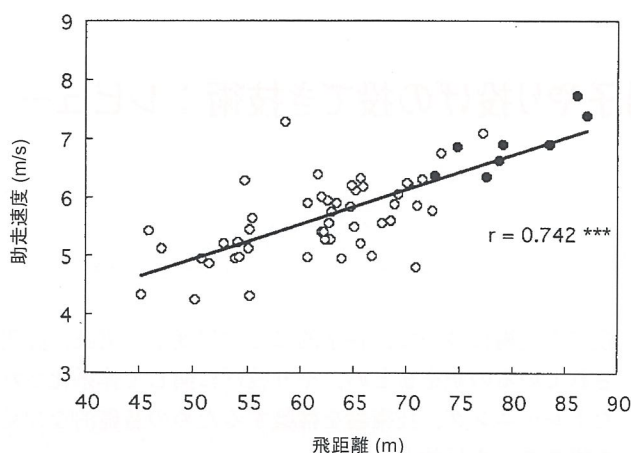


図2 やりの距離と助走速度との関係(Murakami et al., 2006)

した結果、両者の間には高い正の相関関係が認められたことを報告している(図2)。先行研究(Morriss and Bartlett, 1996; 野友ら, 1998; 田内と村上, 2008)の値を考慮すると、飛距離が40 m台、50 m台の選手の助走速度は5 m/s程度であり、世界トップクラスでは7 m

/sに達すると考えられる。

Bartonietz (2000)は、R-on時の右足の接地位置について、近年の世界トップ選手は過去の世界トップ選手と比較して助走速度のブレーキをできるだけ少なくするために、身体の後傾を小さくし、身体重心により近い位置に接地するようになっていることを示している(図3)。

田内ら(2009)は、2007年大阪世界陸上における男子やり投げ入賞者(以下、世界トップ8)と村上選手とを比較した結果、世界トップ8はより重心の真下に右足を接地しており、助走速度をほぼ維持したまま、左足接地を迎えているのに対して、村上選手は体幹がやや後傾し、右足が重心の前方で接地することにより、重心速度の減速が大きいことを報告している(図4)。

これらのことから、最終的なクロスステップ後の右足接地時においては、助走速度は高いほうがより良く(適切な投動作ができる範囲内という条件はあるが)、右足接地による助走速度の減速を最小限にするために、体幹の後傾を抑え、身体重心の真下付近に右足を接地すること

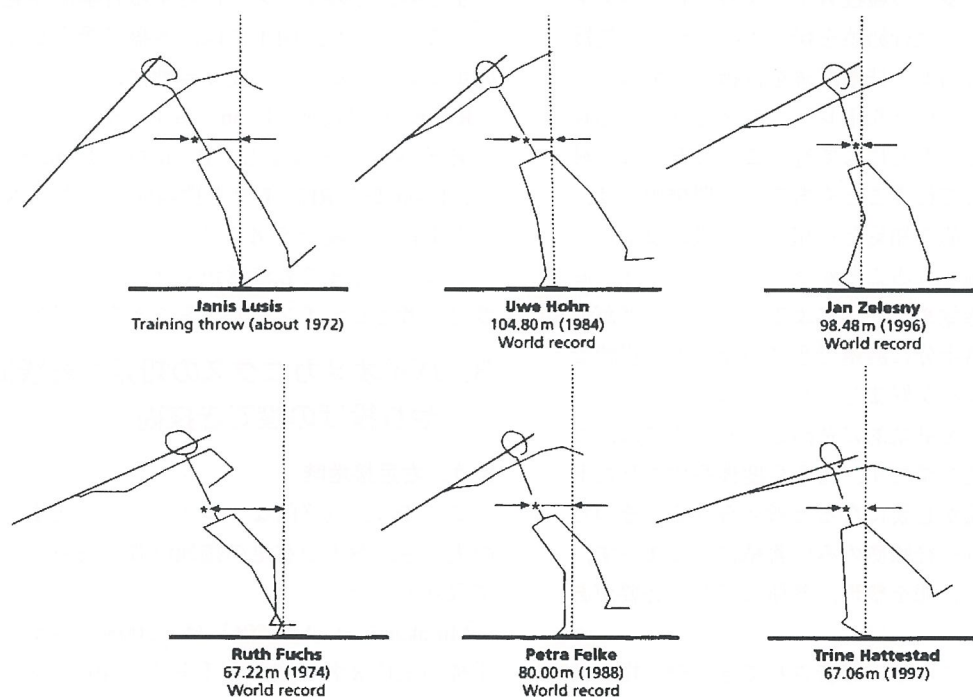


図3 右足の接地位置と身体重心との関係(Bartonietz, 2000)

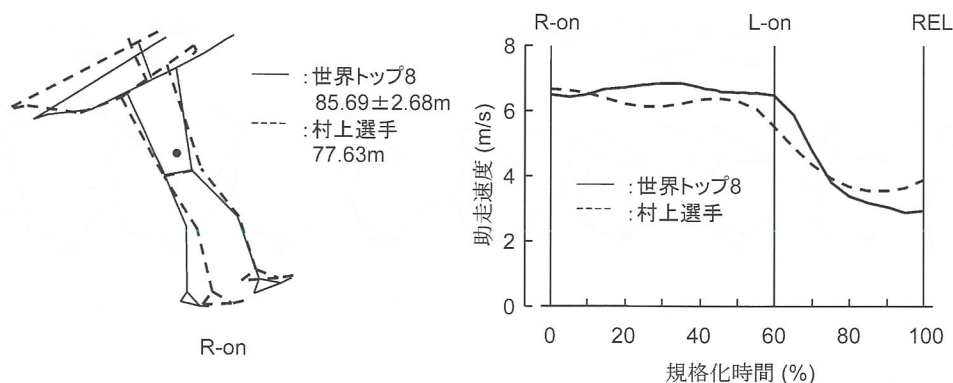


図4 大阪世界陸上での世界トップ8および村上選手における右足接地時のフォーム(右図)および助走速度の時系列変化(左図)(田内ら, 2009より著者改変)

が望ましいと考えられる。

3. 2. 準備局面

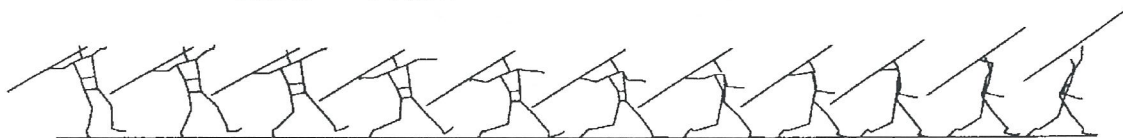
ここでは、右足接地から左足接地へのスムーズな移行を技術的ポイントとして取り上げた。

野友ら(1998)は、競技レベルが高い選手ほど、準備局面における助走速度の減速が少ないことを報告している。また、彼らは、この原因として競技力の高い選手は低い選手と比較して体幹の後傾角が小さいことをあげている。

Tauchi et al. (in press) は、大阪世界陸上における男子やり投げ決勝に進出した上位5名(3位のグリア選手を除く)と下位6名とを比較した結果、上位選手ほど、準備局面の右膝がより屈曲位で移行し(図5)、体幹はより直立位に近かったことを報告している。図6には、世界記録保持者であるゼレズニー選手および2007年大阪世界陸上金メダリストのピトカマキ選手のいずれも90mを超える投てき動作のスティックピクチャを示した。両者の投局面をみると、ゼレズニー選手はやりを低く直線的にリリースしているのに対して、ピトカマキ選手は上方へ投げ上げているという差はあるが、準備局面における右脚の動きに注目すると共通した特徴がみられる。ゼレズニー選手は、やり投げクリニックにおいて自らの技術ポイントとして右脚を内旋させながら右膝を下方へ落とすことを強調していたが、ゼレズニー選手の動作はまさに右膝が真下に落ちているような動作にみえる。同様に、ピトカマキ選手においても右膝を下方に落とすような動作がみられる。その結果、両選手ともに準備局面における右膝の角度はかなり屈曲位で推移している。この動作は、準備局面において体幹を前傾させることなく、左足接地を迎えられるとともに、右腰をスムーズに前方へ移動させることが可能になると考えられることから、結果として助走速度のブレーキを抑制できることが期待できる。このような右脚の動作については、荒井選手も同様の考えをもって、投てき技術に取り組んでいるようである(月刊陸上競技, 2008年4月号)。

これらのことから、準備局面において右足接地から左

ゼレズニー:90.60m(野友ら, 1998より抜粋)



ピトカマキ:90.33m(田内, 2008より抜粋)

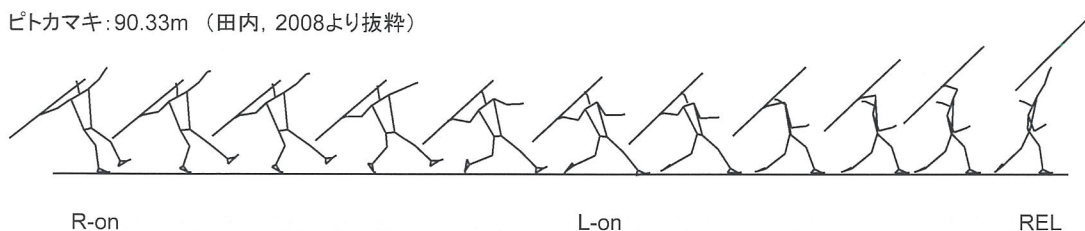


図6 側方からみたゼレズニー選手およびピトカマキ選手におけるスティックピクチャ

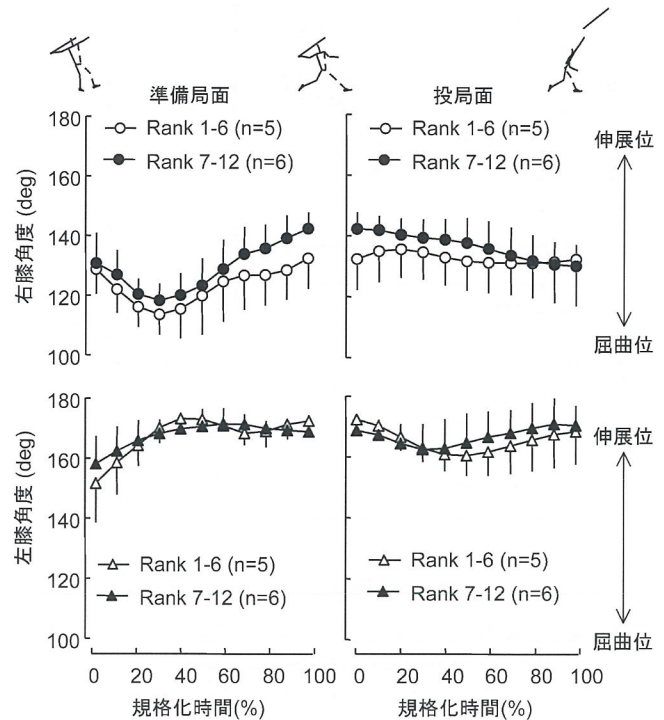


図5 準備および投局面における左右の膝角度
(Tauchi et al., inpress: 筆者一部改変)

足接地へスムーズに移行するためには、体幹を前後傾し過ぎることなく直立位を保ちながら、接地した右脚の膝がより屈曲位で左足接地を迎えることが望ましいと考えられる。

3. 3. 左足接地時

ここでは、左足接地によるブロック動作を技術的ポイントとして取り上げた。

Moriss et al. (2001) は、下半身、上半身およびやりの運動エネルギーの時系列変化を検討した結果、左足によるブロック動作は、上半身からやりへの運動エネルギーの伝達の役割を果たしていることを報告している。

村上和伊藤(2003)は、左足接地時およびリリース時におけるリリース速度と左膝角度との相関関係を検討した結果、いずれの時点においても両者の間には有意な正の相関関係が認められたことを報告している(図7)。

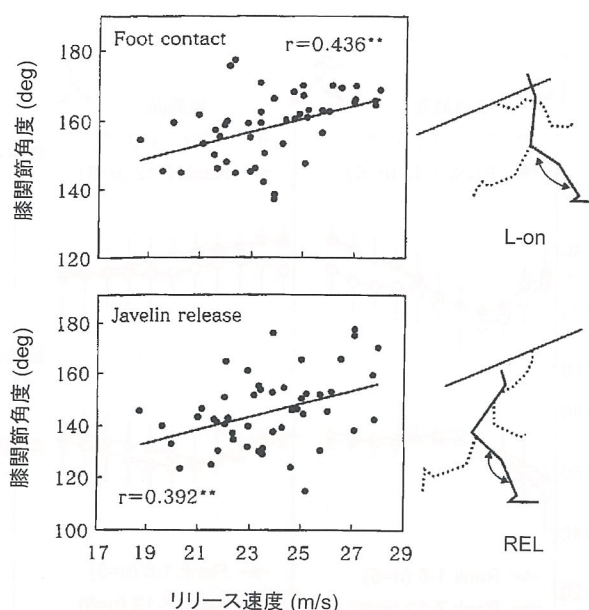


図7 左足接地時（上図）およびリリース時（下図）におけるやりのリリース速度と左膝関節との関係（村上と伊藤，2003より著者一部改変）

これらことから、競技レベルの高い選手ほど、左膝がより伸展位でブロック動作を行っており、上半身からやりへの運動エネルギー伝達を効果的に行っていることが示唆される。ただし、村上と伊藤（2003）の結果において、パフォーマンスが高い選手の左膝がすべて完全伸展位（180°）であるわけではなく、ばらつき（個人差）がみられる。実際に、ピトカマキ選手の左膝は若干屈曲して推移している（図6）。したがって、ブロック動作において重要なことは左膝を完全伸展位に近づけることではなく、L-on後の投局面全体を通して膝の角変位をできる限り小さく抑えることであると考えられる。

村上ら（2008）は、やり投げの日本トップ選手における膝角度について成功試技と失敗試技とを比較した結果、成功試技は失敗試技と比較して、左膝はより伸展位、右

膝はより屈曲位で推移していたことを報告している（図8）。このことは、ブロック動作では左膝が伸展位であることが、また前述した準備局面では右膝が屈曲位であることが、同じ選手の中でのパフォーマンスの良し悪しに影響していたことを示唆する例であるといえよう。

3. 4. 投局面

ここでは、体幹に対して上肢が後方に残され、体幹と上肢とが弓状になる、いわゆる“しなり”動作をつくることを技術的ポイントとして取り上げた。

池上と橋本（1988）は、競技力に優れた選手は劣った選手と比較して、やりが十分後方に引かれた身体のそりがみられ、むち（本稿では“しなり”と表現する）の効果がより有効に利用されていることを報告している。また、この“むち”の効果とは、“そり”がみられる動作においては投げに関わる主動筋が伸張され、その後投げ動作で短縮することによって、単に短縮するよりも大きな力発揮が可能になる効果であると説明している。

田内ら（2009）は、投動作について世界トップ8と村上選手とを比較した結果、世界トップ8は上肢が前方へ引き出されるタイミングが遅れ、特に右肩が前方へ引き出された後（図9：80%-90%付近）に、上肢が一気に加速して、速度が高まっていたことを報告している（図10）。これに対して、村上選手は体幹に対して上肢が早いタイミングで、前方へ引き出されていたために、より前半での上肢各部の速度は高いが、最終的なリリース時の速度が高まりきらなかったことを報告している（図9、10）。

これらのことから、投局面においては、“そり”、“むち”、“しなり”といった様々な表現が用いられるが、池上と橋本（1988）が指摘するように、投局面前半で投げに関する主動筋が伸張され後半に短縮する、すなわち、筋（筋-腱複合体）の伸張-短縮サイクル（Komi et al., 1972）を効果的に引き出し、利用することが極めて重要

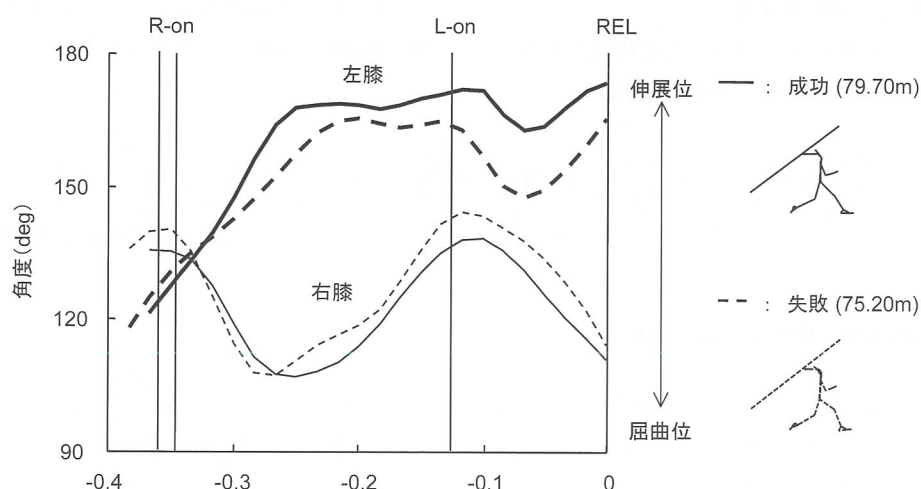


図8 村上選手における成功試技および失敗試技における右および左膝角度の比較（村上ら，2008より筆者改変）
R-onのラインは左が失敗試技，右が成功試技のタイミングを示す。

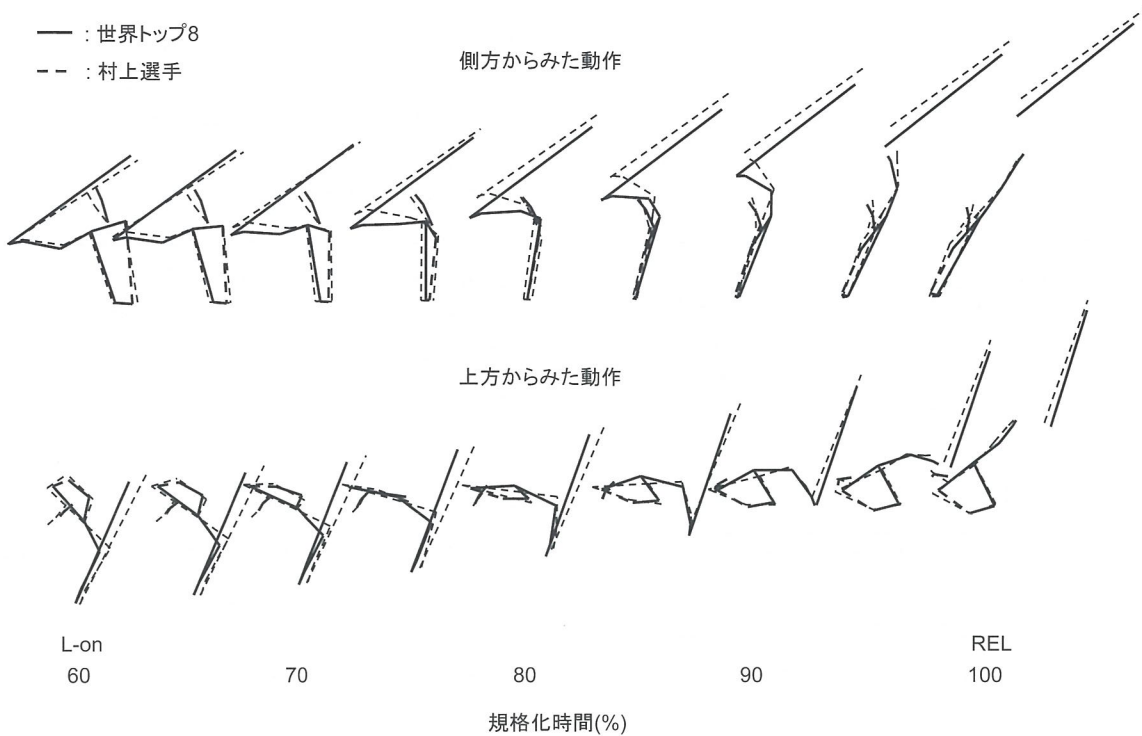


図9 投局面の動作における世界トップ8と村上選手との比較 (田内ら, 2009: 筆者改変)

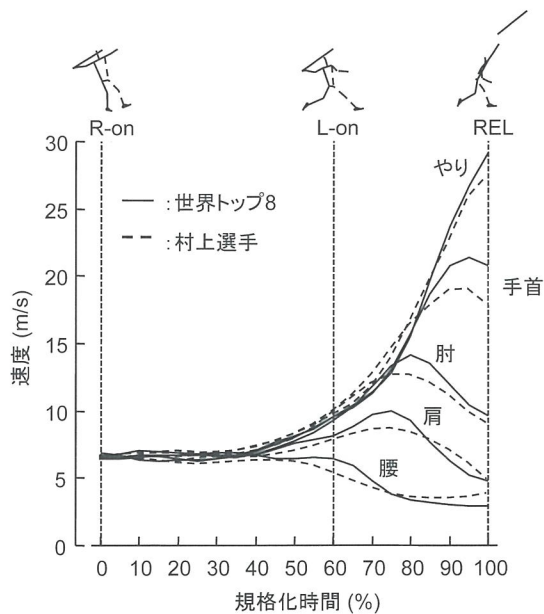


図10 身体各部位の速度の時系列変化 (田内ら, 2009)

であることが示唆される。同様の示唆は, Mero et al. (1994) によっても指摘されている。

ここで重要なことは, どのようにすれば大きな“しなり”動作を引き出せるかであろう。つまり, どのような動作によって, 体幹に対して上肢がより後方に位置づき, 主動筋が大きく伸張せられるかということである。

村上と伊藤 (2003) は, 体幹の前傾角速度について, 上位選手は準備

局面では角速度がほとんど変化せず (ある角度を維持している), 投局面では下位選手と比較してより大きな前傾の角速度を示したことを報告している (図11)。この準備局面での結果は R-on から L-on へのスムーズな移行で指摘した内容と同様であり, 投局面での結果は図9(80%-90% 付近) に示した世界トップ8が村上選手よりも右肩がより前方に位置づいていることを説明するものであろう。このことから, 大きな“しなり”動作を引き出す一つの技術的要因として, 投局面において前傾の角速度を高めることがあげられよう。なお, ここでは準備局面において体幹の前傾を促しているわけではない(準備局面では直立位を保つことが重要である)ことを強調しておきたい。

田内ら (2009) は, 世界トップ8と村上選手との右肘角

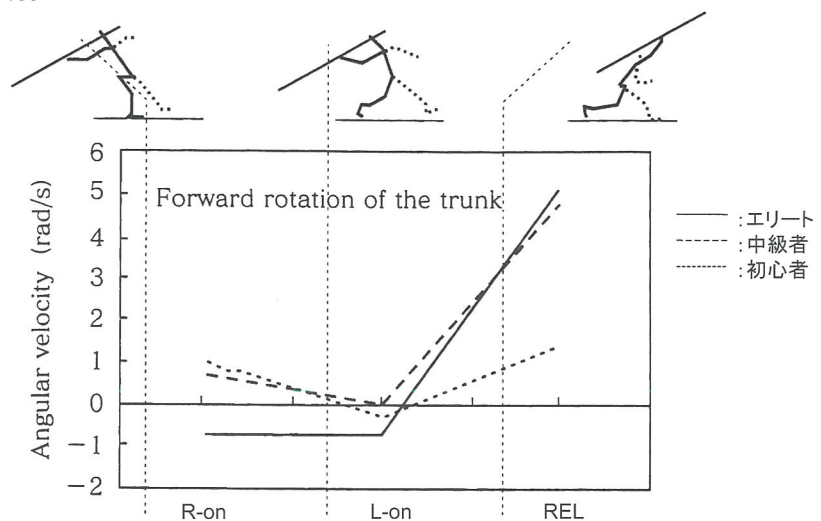


図11 各競技レベル選手における体幹の前傾角速度 (村上と伊藤, 2003より抜粋, 筆者一部加筆)

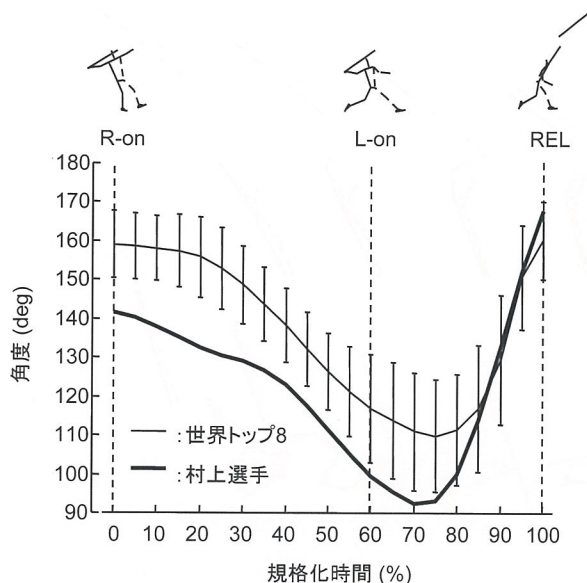


図12 肘の角度の時系列変化 (田内ら, 2009 より筆者一部改変)

度の時系列変化を比較した結果、村上選手は世界トップ8よりも準備局面における右肘がより屈曲位であったことを報告している(図12)。また、Bartlett, et al. (1996)によると、競技レベルの劣る選手は、優れる選手と比較してL-onにおける右肘の角度がより屈曲位であったことも報告されている。準備局面において右肘角度がより屈曲位であることは、伸展位と比較して上肢-やり系全体の慣性モーメントが小さくなることを意味しており、このことは体幹に対して上肢が後方へ残されにくい(＝前方へ引き出されやすい)状態であるといえる。これら

のことから、大きな“しなり”動作を引き出す動作の一つの技術的要因として、準備局面において右肘角度をより伸展位に保つことがあげられる。

3. 5. リリース

ここでは、やりのリリースパラメータ(リリース速度、リリース高およびリリース角度：投射角および迎え角)を技術的ポイントとして取り上げた。

Murakami et al. (2006) は、世界選手権入賞者を含む広範囲な競技レベルを有する選手を対象にして、投てき記録とリリースパラメータとの相関関係を検討している。その結果、投てき記録とリリース速度(いわゆるやりの初速度：図13左上)との間に有意な高い正の相関関係が認められ、リリース高(図13右上)、リリース時のやりの投射角(図13左下)および迎え角(図13右下)の間には有意な相関関係が認められなかったことを報告している。このことは、投てき記録に最も強く影響を及ぼす要因には、リリース速度であることを示すものである。このことは、多くの先行研究(若山ら, 1994; 前田ら, 1996; Bartonietz, 2000)でも報告されており、ここまで指摘した投動作における技術的ポイントはすべてリリース速度を高めるために配慮すべきポイントであるといっても過言ではない。ただし、他のリリースパラメータが重要ではないということではなく、リリース速度が投てき記録に直結するためには、適切な範囲内でやりのリリース高やリリース角度がコントロールされることが前提条件であるということである。

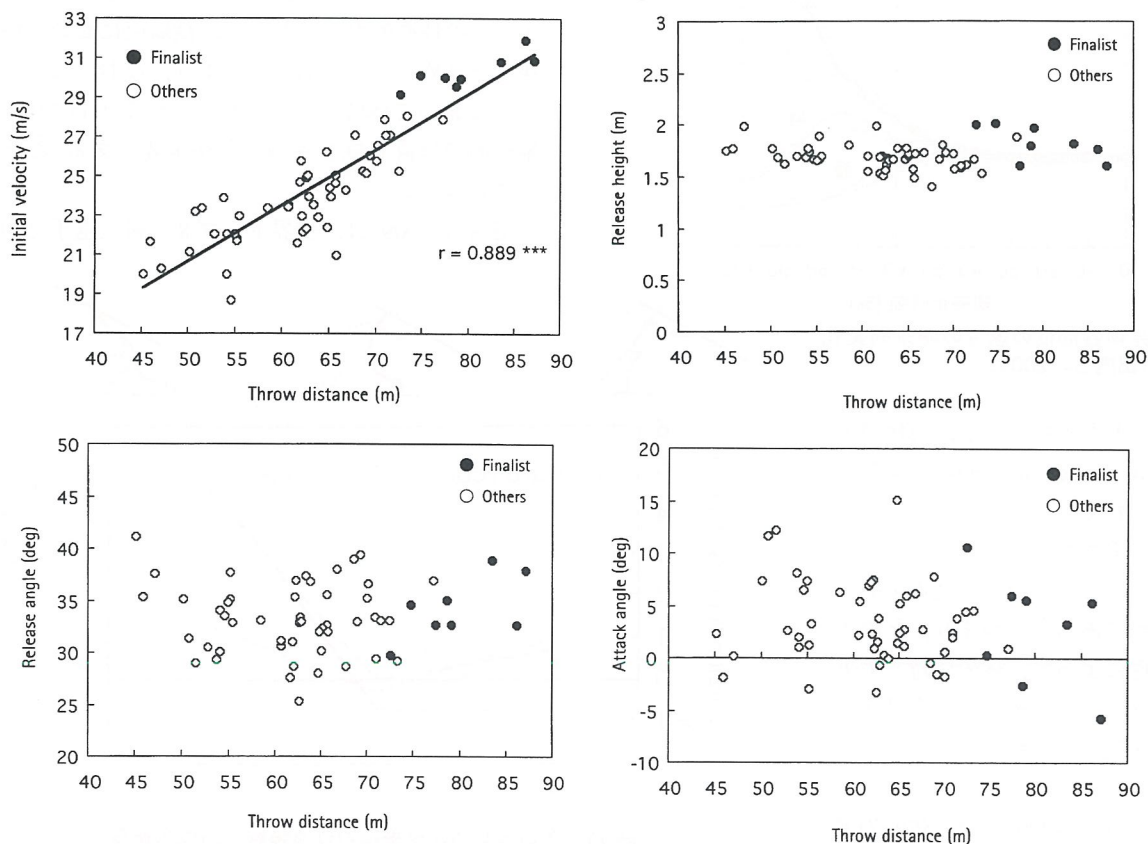


図13 やりの飛距離とリリース速度、リリース高およびリリース角度(投射角・迎え角)との関係(Murakami et al., 2006 より抜粋)

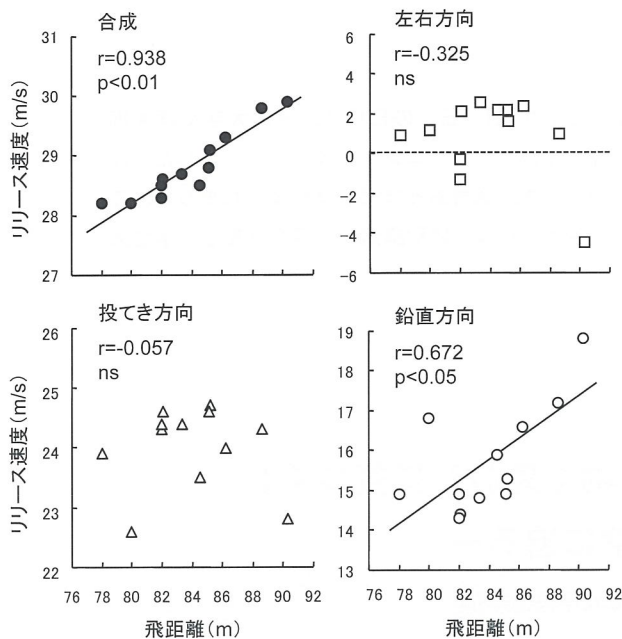


図14 やりの飛距離とリリース速度の各成分との相関関係 (田内, 2008)

前田ら (1997) は, 70 m 以上の自己記録を有する男子選手を対象にして, 最適なリリース角度は個人ごとにばらつきがあるもののおよそ 33 度前後であること, 迎え角については 0 度付近であることを報告している. 図 13 の結果をみると, ほぼその範囲内であることが理解できよう. 反対に言えば, 適切な範囲を外れたやりではいくらリリース速度が高くても投てき記録は伸びないということである.

なお, ここに示した先行研究での初速度は, 左右方向, 前方, 上方の 3 つの方向に速度を合成した値 (合成速度) を用いているが, 田内ら (2008) は, 合成速度に加えて 3 方向それぞれの速度と飛距離との相関関係を検討した結果, 世界トップレベルの競技者においては, 前方の初速度と飛距離との間には有意な相関関係は認められず, 上方の初速度との間に有意な相関関係が認められたことを報告している (図 14: 合成速度との間にはやはり高い正の相関関係が認められている). このことは, やりの飛距離を高めるためには, 合成速度が高いことはもちろんのこと, 世界トップレベルの選手の中では, 高いレベルで前方の速度を獲得しながら, いかに上方の初速度をやりと与えられるかが重要になってくることを示唆している.

4. 最後に

本稿では, やり投げの投動作の時系列に沿った技術のポイントについて, バイオメカニクスの知見を紹介した. ここでは, 動作を断片的に切り取って説明してきたが, 実際にはすべての動作が連続しており, 先の動作が次の動作に影響を与えながら一連の運動が起きていることを認識しておく必要がある. また, 本稿で指摘したポイントは, やりの技術論のある一部のみしかカバーしてい

ないことが考えられる. したがって, 本稿の内容をきっかけとして, やり投げの技術に関する議論を深め, 最終的に体系化されたトレーニング, 技術論が構築されることを期待する次第である.

参考文献

- Bartlett, R., Müller, E., Lindinger, S., Brunner, F. and Morriss, C. (1996) Three-dimensional evaluation of the kinematic release parameter for javelin thrower of different skill levels. *J. Appl. Biomech* 12: 58-71.
- Bartonietz, K. (2000) Javelin Throwing: an Approach to Performance Development. *Biomechanics in Sport* (ed) Zatsiorsky, Blackwell Science: pp.401-434.
- 池上康男, 橋本勲 (1988) やり投げの動作. *体育の科学* 38 (2):106-111.
- Komi, P. V. and Buskirk, E. R. (1972) Effect of eccentric and concentric muscle conditioning on tension and electrical activity of human muscle. *Ergonomics*. 15: 427-434.
- 前田正登, 野村治夫, 柳田泰義, 宮垣盛男 (1996) 人間の動きを考慮に入れたやりの最適条件. *デサントスポーツ科学* 17: 270-277.
- Mero, A., Komi, P. V., Korjus, T., Navarro, E. and Gregor, R., J. (1994) Body segment contributions to javelin throwing during final thrust phases. *J. Appl. Biomech*. 10: 166-177.
- Morriss, C., Bartlett, R. and Navarro, R. (2001) The function of blocking in elite javelin throws: A re-evaluation. *J. Hum. Mov. Stud.* 41: 175-190.
- Morriss, C. and Bartlett, R. (1996) Biomechanical factors critical for performance in the men's javelin throw. *Sports Med.* 21 (6):438-446.
- 村上雅俊, 伊藤章 (2003) やり投げのパフォーマンスと動作の関係. *バイオメカニクス研究* 7: 92-100.
- Murakami, M., Tanabe, S., Ishikawa, M., Isolehto, J., Komi, P. V. and Ito, A. (2006) Biomechanical analysis of the javelin at the 2005 IAAF World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics* 21: 67-80.
- 村上幸史, 田内健二, 本道慎吾, 村上雅俊, 小山裕三 (2008) 国内一流男子やり投競技者における成功試技と失敗試技との投てき動作の比較. *陸上競技研究* 75 (4):21-28.
- 野友宏則, 富樫時子, 阿江通良 (1998) 記録水準の異なる選手のやり投げ動作に関するキネマティクスの研究. *陸上競技研究* 32: 32-39.
- 田内健二 (2008) 2007 年大阪世界陸上男子やり投において順位を決定したバイオメカニクスの要因とは. *月刊陸上競技* 42 (12):157-159.
- 田内健二, 村上幸史 (2008) 世界一流男子やり投げにおける投てき技術-91 年世界陸上競技選手権東京大会と 07 年大阪大会との比較-. *バイオメカニクス研究* 12 (2):143-152.
- 田内健二, 村上幸史, 藤田善也, 磯繁雄 (2009) やり投の日本トップ選手における動作分析データの活用事例 - 世界トップレベルとの相違点を提示して -. *スポーツパフォーマンス研究* 1: 151-161.
- Tauchi, K., Murakami, M., Endo T., Takesako, H. and Gomi, K. (in press) Biomechanical analysis of elite javelin throwers in the Osaka Athletics World Championship 2007. *New Studies in Athletics*
- 若山章信, 田附俊一, 小島俊久, 池上康男, 桜井伸二, 岡本敦, 植屋清見, 中村和彦 (1994) やり投げのバイオメカニクスの分析. 佐々木秀幸, 小林寛道, 阿江通良監修, 世界一流競技者の技術. ベースボール・マガジン社: 東京, pp. 220-238.

【日本陸上競技学会第7回大会（日本大学）】

日本陸上競技学会第7回大会は、平成20年8月30日（土）、31日（日）の日程で、日本大学文理学部を会場として開催されました。大会のメインテーマは、「陸上競技のトレーニング再考」でありました。連日の暑さの中、会員の方々をはじめ、多くの方々に参加をいただき、活気ある情報交換がなされました。ここからは、両日の大変貴重な情報が提示された基調講演、シンポジウム、特別講演の内容を特集し、学会大会を振り返っていききたいと思います。

基調講演

【トレーニングの原点：『動く感じ』に気づく】

一室伏選手の謎に迫る一

司会 石塚 浩（日本女子体育大学）

陸上競技のトレーニングで行われる内容は、「体力」や「技術」といったものが中心的な位置を占めている。これは、陸上競技で用いられる運動（movement, Bewegung）が広く用いられている体力テストや運動能力テストのテスト項目と一致する部分が多くみられることから、分けてとらえることが便宜的に有用であると考えられていると思われる。しかし、競技スポーツ、特にチャンピオンスポーツの場面では、そこで用いられている運動構造は、競技者自身の自己観察や他者観察などからは、非常に精密な構造を持っているものとして受け取られている。まさに、この基調講演での内容は、この部分に迫るものであり、我々が見失いがちな部分に目を向けさせていただけた内容と言えよう。

競技力の高い競技者が、詳細な自己観察をして、常に自己の動きについて述べるのが可能かと言えば、それは否とすることが起きるであろう。いま、ここで、こう『動いている感じ』を、つかんでいるとは言えないことになる。運動の自己観察と言っても、単に運動経過について自分の感じたことを述べる場合でも、「気持ちよくできた」とか「気持ち悪かった」といったものや、しぐさを交えて、「ここで上手くいかなかった」といった結果報告のようなものまで様々である。しぐさを交えて自己観察をすることができるということは、すでに『動いているという感じ』を意識的につかんでいることを意味しており、現象学における「構成の解体」をすでに成し遂げていることになる。言い換えると、練習や競技会での試技と試技の間に行われる動きの中に、『動く感じ』をとらえる時間が存在し、意識下にある動きへの洞察によって、初めて顕在化させることが初めて可能となるものである。この部分において、朝岡教授は具体的な事例として、トランポリンを用いての「後方宙返り」の指導例から、明確に指摘されていた。特に、後方宙返りに関

する客観的で説明的な知識を与えたところで、後方宙返りに成功することではなく、ましてや動きに対しての感覚を捉えることなど不可能な状態を継続させることを指摘していた。

また、朝岡教授は、運動を意識的に習得するために、ステップ・バイ・ステップ式の学習方法を紹介し、運動をしているなかで、その動きに対して志向性をもった意識のさせ方について、詳細に検討している。まさに、『動いているという感じ』と『動けるという感じ』を同時に発生させながら、繰り返すことの重要性を指摘されていた。志向性を持った意識というのは、動いている中で「いま、ここで」というところから「これから、あそこへ」という単なる物理時間を超えた意識時間の中で動いている。そして、動いた学習者や選手が身を置き、そこに棲み込むことによって初めて可能となるものである。さらに言えば、受動的なものから、能動的なものへの橋渡しこそが、「超越論的」な運動発生と朝岡教授は切り込んでくださったとも言えよう。

また、2005年夏に筑波大学で開催されたアテネオリンピック金メダリストである室伏広治氏の講演で実演された「空中で紐を結ぶ」についても言及され、指で紐を引っ張るときの紐の緊張感を感じることができないと、ただの靴の紐を縛った振りや格好に終わることを指摘されていた。このことを例に、室伏広治氏が行う空ターンでの動きは、常にハンマーに引っ張られている、手から離れないように引っ張っているというハンマーを持っていてもハンマーとの関係を常に意識した世界で行われていることを指摘されていた。まさに、「再想起」と「先読み」の能力を中心に置いての技術や体力トレーニングの必要性を提言されたと感じる。

そして、座長を務めた筆者の方から『できてしまえば、それでいい』という考え方もあり、何も意識を向けさせ

て、苦勞させて覚える必要はないという考え方も成り立つのではないか」という質問に対して、「できなくなった時に、どうやって、また、できるようにさせていくのかが問題となる」という趣旨の回答があった。「できる」ことが「できなくなる」というのは、測定競技である陸上競技でもよく起こることであり、まさにここに焦点をあててトレーニングを当てることがない限り、自己記録の更新などは起きえないものであると喝破されていたように感ずる。特に、陸上競技で用いられている動きは「走る」「跳ぶ」「投げる」という動きとしては一般的に単純な構造であり、日常的なものであると思われがちであるだけに、意識して行うという意味の取り違いが起きているように思われる。「〇〇に意識して行いましょう」と指導者が声高らかに言ったとしても、学習者が「〇〇に意識して行いました」とのやりとりでトレーニングが終始している間には、新しい動きを覚える、新しい運動を発生させることは、本当の意味では達成され得ないことへの警鐘とも言える基調講演であり、指導者にとって再認識を迫るものであったと感じた。選手、指導者ともに、「こう『動いているという感じ』」を「いま、ここで、こう『動いているという感じ』」として、ありありと思い浮かべることができる能力を身につけることが無ければ単なる野次馬であり、運動発生に関与する立場にないことを個人的には身に染みさせられた内容で、朝岡教授の見識の高さに敬服した基調講演であった。

《基調講演司会プロフィール》

石塚 浩 (いしづか ひろし)

1955 年生まれ

現 職：日本女子体育大学 陸上競技部 監督

日本女子体育大学 教授

関東学生陸上競技連盟 評議員

日本陸上競技連盟 強化委員会 副委員長

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：スポーツ運動学，スポーツトレーニング学

【トレーニングの原点：『動く感じ』に気づく】

一室伏選手の謎に迫る一

講師 朝岡 正雄（筑波大学大学院 人間総合科学研究科）

はじめに

今日は最初に、私が大学で行っているトランポリンの後方宙返りの指導例を紹介して、「運動を意識的に習得したり修正する」場合には意識下で動く意識の作用というものが重要な役割を果たしているということをお話したいと考えています。続いて2番目には、本人の自覚がない状態で、つまり無意識のうちにトランポリンで後方宙返りができるようになっていく例を取り上げて、できる人が必ずしも自分が動いている感じを分かって動いているわけではないということをお話しします。3番目には、この「動いている感じ」を意識的にとらえるには、現象学でいう「構成の解体」という方法を用いることが必要であるということ、さらには、私はまだ一度も見たことがないのですが、室伏選手の「空ターン」という練習法はこの「解体」という方法ではないのかということをお話しし、最後に、この「空ターン」がどのような意味をもっているのかについて私の考えをお話したいと思います。

I. 運動を意識的に習得（修正）する

今、皆さんにお見せしているのは、トランポリンの「後方かえ込み宙返り」の連続写真です。これを使って、トランポリンの後方宙返りでは、いつ、どこで、どの身体部分がどのように動くのかをかなり詳しく説明することができます。また、ビデオを使ってスローで再生したり、ノーマルで何度も再生すれば、各身体部分の動きの変化もかなりはっきりと示すことができます。それでは、体操競技やトランポリンの経験のない方に伺います。皆さんの中に、この種の説明を聞いただけで、これまで一度もやったことのないトランポリンの後方宙返りができるようになったと思われる方はいらっしゃるでしょうか？

この例で私が皆さんに確認していただきたかったのは、運動学習の世界では、運動経過に関する客観的・説明的な知識を獲得したとしても、できるようになるとは限らないということです。運動に関する客観的な情報を獲得すれば、つまり「どの身体部分がどのように動いているのか」を客観的に説明できれば、あとはその動きかたを自分の身体に命令することによって目標とする運動がで

きるようになるというのは、われわれ現代人が少なからずもっている幻想にすぎません。「どのように動くのか」に関する情報をインプットすればその通りに動けるというのは、機械にしか通用しないのです。私たちの身体は、機械のように、命令に従って自由に動かせるようにはなっていないからです。したがって、人間の運動学習を論じる場合には、改めて、どのようにすればできない運動が「できる」ようになるのかということを問題にせざるをえません。この「できる」という問題に関連して、今日ははじめに、「運動を意識的に習得（修正）する方法」についてお話ししたいと思います。

これからお見せするビデオは、私が筑波大学で体育専攻学生以外を対象にして行っている一般体育のトランポリンの授業で撮影したものです。授業の受講生は全員がトランポリンの未経験者なので、はじめからトランポリンで後方宙返りをやらせるというわけにはいきません。そこで、最初は簡単な「膝落ち」(knee drop)からはじめて、「尻落ち」(hip drop)、「腹落ち」(stomach drop)、「背落ち」(back drop)を習得させ、さらに「1/2回ひねり」(half turn)して腹落ちと「1回ひねり」(full turn)して背落ちまでを練習させます。筑波大学では3学期制で授業をやっています。ここまでできるようになるのに、だいたい1学期間、つまり、7~8回の授業が必要です。この練習の後で、毎年、2学期に入ってから後方宙返りの練習をはじめます。これからお見せするビデオは、この後方宙返りの練習のステップ・バイ・ステップをまとめたものです（図1参照）。この学習法は「段階的変形法」と呼ばれています（2-S.156 ff.）。この方法は、学習者がすでにできるようになっている簡単な運動から出発して、それを少しずつ変形させていって目標とする運動に到達させるという原理に基づいて組み立てられています。

以下では、図1に示された第1段階から第4段階までの学習プロセスをたどることによって、「こうなれば→こうなる」という「先読み」の意識を能動的につくり出していく過程を分析していきたいと思います。

〈第1段階〉：だいたいいつでも「できる」ようになる

「まだうまくできない」というレベルの運動では、それをやっている最中に「今ここでこう動いているという感じ」(直感)をはっきりと意識してとらえることはでき

ません。このために、段階的変形法の最初の段階で、学習者に自分の身体からだの中の、たとえば手や足の動かしかたを意識させると、たいていの初心者はパニックを起こして、できていたはずの後ろ回りができなくなってしまう。したがって、この最初の段階では、なるべく跳ねない状態で尻落ちを行わせ、すでにできるようになっている後ろ回りを壊さないようにして、何も意識しない状態で「尻落ち→後ろ回り」を何度も、何度も繰り返させ

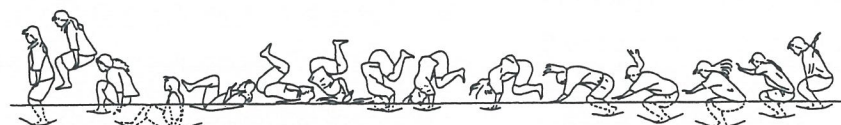
ます。そうすると、「尻落ち→後ろ回り」は、ただ「やろう」と思うだけでだいたいいつでもうまく「できる」ようになります。

〈第2段階〉：〈こう動いている〉という感じ(直感)を意識させる

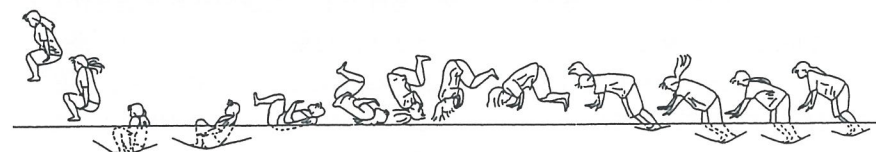
こうして、ただやろうと思うだけで「尻落ち→後ろ回り」がだいたいいつでもうまく「できる」ようになると、学習者はようやく尻落ちをやっている最中の〈今ここで



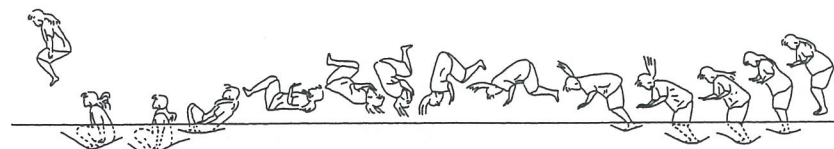
第1段階：「尻落ちから後ろ回り」



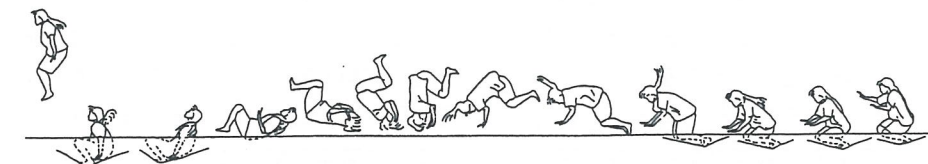
第2段階：「膝を曲げた尻落ちからキャンパスに頭を支えず後ろ回り」



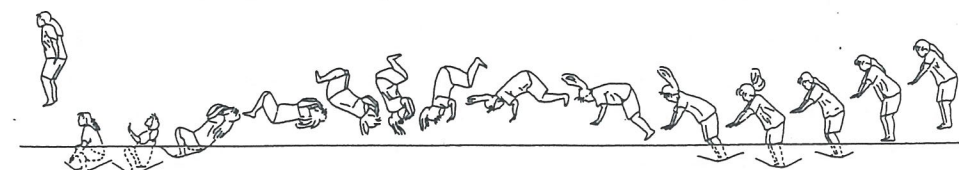
第3段階：「膝を曲げた尻落ちから高く跳ねて後方宙返り」



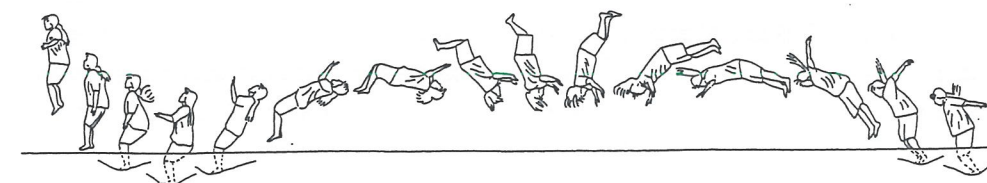
第4段階：「しゃがみ立ちの姿勢で尻と手をキャンパスに着いた体勢から後方宙返り」



第5段階：「しゃがみ立ちの姿勢で尻を浮かしてキャンパスに手だけを着いた体勢から後方宙返り」



第6段階：「しゃがみ立ちの姿勢から後方宙返り」



第7段階：「立ちの姿勢から後方宙返り」

図1. 段階的変形法によるトランポリンの後方宙返りの習得

こう動いている」という感じを意識することができるようになります。逆に言えば、「尻落ち→後ろ回り」が無意識でできる段階にならなければ、尻落ちがどうなっているのかを意識することはできません。したがって、学習者は、第1段階を通過した後になってはじめて、尻落ちのときに自分がどうなっているのかが分かるようになります。それに基づいて尻落ちのときに「しっかりと膝を曲げよう」といったことを意識して行うことができるようになります。

〈第3段階〉：〈こう動く(ことができる)〉という感じ(予感)の受動的構成

第2段階で尻落ちのしかたを意識できるようになったら、次の第3段階では、尻落ちの前のジャンプを少しずつ大きくするように指示します。こうして、尻落ちのときのジャンプを徐々に大きくしていくと、後ろまわりで頭がベッドに着かなくなると、いつの間にか「宙返り」になってしまいます。しかし、本人はこのことにはまったく気づいていません。つまり、ここでは、尻落ちのしかたの意識的な修正にともなって、「頭がベッドに着かない後ろ回り」、すなわち「後方宙返り」が無意識のうちに発生します。しかも、このように宙返りが無意識のうちに発生しているときには、尻落ちで〈こう動いている〉という感じを能動的に意識しているその背後で、自覚を欠いた状態で、それに続く後ろ回りではなく〈こう動く(ことができる)〉という感じが同時に発生しています。

このように無意識のうちに「できる」ことを何度も繰り返していく中で運動感覚的体験に意味を付与していく作用を、現象学の鼻祖フッサールは「無意識の志向性」と呼んでいます(6-179頁)。そして、学習者は、この〈今ここでこう動いている〉という感じと〈それに続いてそこでこう動く(ことができる)〉という感じの同時発生をともなう体験を何度も繰り返すことを通して、「尻落ち→宙返り」が何となく「できるような気がする」ようになっていきます。この本人が気づかないうちに何となく「できるような気がしてくる」ことを、現象学では「受動的構成」と呼んでいます(6-172頁以下)。この受動的構成については、この後にもっと分かりやすい例を挙げて詳しく説明します。ここでは、この受動的構成の段階で、この段階の「本人が気づかないうちに」という特性を無視して、宙返りのしかたを意識してやろうとすると、とんでもない失敗が発生するということだけをお話しておきたいと思います。

〈第4段階〉：〈できる〉という意識を能動的につくり出す

さらに、この無意識のうちに「できる」ということを何度も繰り返していくと、だんだんとかつて知覚したものを意識的に再び思い出すという意味の「再想起」(6-285頁)の働きが可能になります。ここでは詳しく説明はできませんが、この再想起では、過去に体験した運動

感覚意識が「すでに生じてしまったもの」として思い浮かべられるのではなく、「今まさに生じている意識」として体験されるということを強調しておかなければなりません。現象学では、この能力を「時間化」(Zeitigung)と呼んでいます(6-174頁以下)。しかも、この再想起では、過去の〈こう動いている〉という感じが今に引き寄せられて、ありありと思い浮かべられるだけでなく、この〈今ここでこう動いている〉という感じ(直感)をまだ起こっていない未来に放射して、「こうなれば→こうなる」という「先読み」を行うことが可能になります。つまり、この段階では、再想起の延長線上で、これからやる運動の先読みの意識を意識的につくり出すことが可能になります。

Ⅱ. 「できる」人が〈こう動いているという感じ〉をつかんでいるとは限らない

すでに段階的変形法のところでお話ししましたように、人間は一回一回異なる運動体験の中からそこに共通する同じ意味をもった運動感覚意識を作り出していくことができます。現象学では、これを「構成」と呼んでいます(6-143頁)。そして、運動感覚意識を意識的につくり出していく場合を「能動的構成」と呼びます。これに対して、起こっていることがただ受け取られるだけで、気づくという自覚のないまま運動意識がつくり上げられていく場合を、「受動的構成」と呼んでいます(6-218頁)。すでに説明した段階的変形法の場合には、ここで言う能動的構成が問題になっています。言い換えれば、段階的変形法では、尻落ちで〈こう動いている〉という感じをはっきりと意識できるということが学習の成功にとって不可欠の前提条件となっています。この尻落ちで〈こう動いている〉という感じを意識的に把握する能力、すなわち「運動内観力」は、学習者のそれまでの運動経験に左右され、人によって大きく異なります。

これに関連して、ここでは2番目として、この「運動内観力」が欠落しているために段階的変形法のステップ・バイ・ステップをうまく登っていけない学習者を取りあげて、運動感覚意識の「受動的構成」の問題を、言い換えれば、「できる」人が〈こう動いている〉という感じをつかんでいるとは限らないということを、さらに詳しく見ていきたいと思います。

筑波大学で私がやっているトランポリンの授業では、受講生の定員は25名です。すでに述べた段階的変形法を使って2学期に入って「後方宙返り」を練習させると、毎年だいたいこの25名のうち15名前後は独力でステップ・バイ・ステップを登っていったトランポリンで一人で後方宙返りができるようになります。しかし、残りの10名前後は、この方法では独力でステップを登っていくことができず、いくら待っていても後ろ回りの状態から先に進むことはできません。私は、この独力ではステッ

プ・バイ・ステップを登っていけない学生だけを集めて、「学習援助漸減法」(2-S.156 ff.) (図2 参照) という方法で後方宙返りを教えています。

この指導法の場合には、とりあえず学習者はできないので、最初から「できない」ところを外側から援助して、学習者の意志とは無関係に「できる」ようにしてしまいます。そして、その後で、この外側から加えていた援助を徐々に減らしていきます。したがって、図2に示した学習者の状態は、いわば「偶然できている」という状態で、すでに述べた〈こう動いている〉という感じをつかんで「できる」ようになっていくという状態ではありません。このために、この学習者の場合には、外から見て一人で行っているように見えるこの段階から、さらにあと50回以上の回数をかけなければ、一人で「できるような気がする」という段階には達しません。

この例から分かるのは、受動的構成を通して「できる」ようになった場合には、何となく〈こう動く (ことができる)〉という感じが分かっていても、この意識は〈こう動いている〉という感じに基づいて発生したものではないということです。このために、学習援助漸減法で宙返りができるようになった学習者の場合には、しばらくするとできなくなってしまうたり、踏み切りの時に膝が抜けたり、宙返りがゆがんだりするというような、いわゆる「病気」が発生することがよくあります。したがって、学習援助漸減法の場合には、外から見て「できる」ようになったと思われた後に、さらに意識的な能動的構成のプロセスを経過しなければ、本当の意味で一人で宙返りが「できる」という状態にはなりません。

さらに、こうしてようやく一人でできるようになった運動を、何ヶ月も、あるいは何年も繰り返し行っていると、〈こう動いている〉という感じをいちいち意識しなくても、しようと思うだけで身体が勝手に動いてくれるようになります。つまり、運動の遂行は習慣化にとまって自動化され、運動の意識は抽象レベルの高いシンボルへと変換されて、たとえば「エイ」とか「ここ」とか「そこ」とか思うだけでできるようになります。しかも、このように習慣化された運動の場合には、〈こう動いている〉という感じは次第に意識の背景に沈んでいって、〈こ

う動く (ことができる)〉という感じだけが意識されるようになります。つまり、運動感覚意識は受動的構成のレベルに再び退行してしまうのです。したがって、この状態で「できる」ようになっている人に、「どうやればできるのか」と聞いても、「エイ」とか「ここ」とか「そこ」としか返事は返ってはいきません。しかも、このような人に自分が「どんな感じで動いている」のかを意識させると、しばしばできていたはずの運動ができなくなってしまうということが起こります。つまり、運動が上手に「できる」人が〈こう動いている〉という感じを分かって動いているとは限らないのです。

Ⅲ. 室伏選手の「空ターン」＝「構成の解体」

すでに段階的変形法の説明のときに申し上げましたように、能動的構成という意識の働きはそれに先行する受動的構成という意識の働きを前提にして成り立っています。フッサー現象学のもっとも偉大な功績は、この能動的構成に先行して働いている受動的な意識の存在を明らかにし、この意識の内容を明らかにする方法を作り上げたことです。その中で重要な役割を果たしているのが、「構成の解体 (Abbauen)」という方法です。この「解体」という方法では、ある運動を行うときに不可欠だと思われる運動感覚意識のひとつ一つについて、それが働かず、それによって引き起こされるある動作が生じないという状態になったときに、その運動ができるのかどうかを試してみることによって、当該の運動感覚意識が本当に不可欠なのかどうかの確認が行われます (7-147 頁以下)。

たとえば、トランポリンの後方宙返りの場合には、踏み切りの時に両腕を上を勢よく振り上げ、その振り上げに急激にブレーキをかける「振り上げ制動」という動作が宙返りの回転加速に重要な役割を果たしていますが、この「振り上げ制動」という動きを遮断 (消去) して、両腕を万歳したまま宙返りを行わせると、最初は踏み切りのときに上体を後ろに倒すことによって回転の不足が補われます。続いて、「振り上げ制動」も、この上体の後ろへの倒しも遮断して宙返りをやるように指示すると、頭部の腹屈動作によって強力なかかえ込み動作が行われ、これによって回転不足が補われます。そして、最後に「振

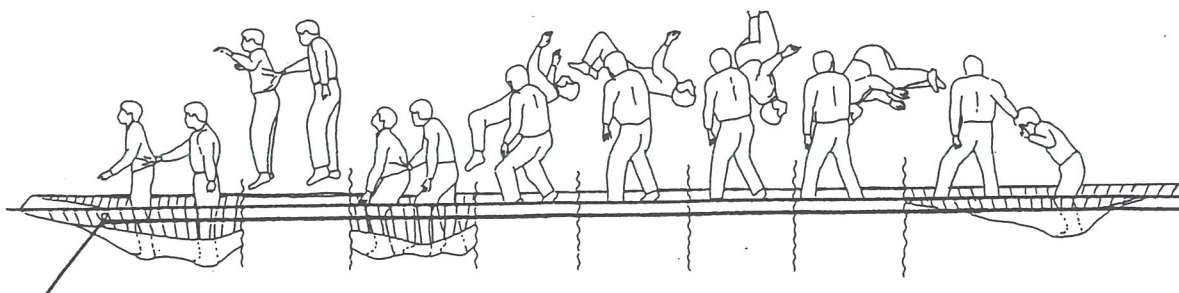


図2. 学習援助漸減法によるトランポリンの後方宙返りの習得

ここでは補助者は0コマ以降は手を放し、宙返りには何の力も加えていない

り上げ制動」と「頭部の腹屈」という2つの動作を遮断した状態で徐々に上体の後方への倒しを行わないようにしていくと、宙返りの回転加速がまったくできなくなることが分かります。これに関連して、金子明友は、ある運動を行うときに不可欠だと思われる運動感覚意識をひとつ一つ消去することを通して動く感じの違いを確認できる能力を身につけさせることが運動修正には不可欠であることを指摘しています(5-64頁)。

この「解体」という方法に関連して、今日は、室伏選手のトレーニング法について私なりの解釈をお話したいと思います。室伏選手のトレーニングでは、おそらくこの「解体」という方法が使われているのだろうと考えるに至ったきっかけは、2005年の夏に筑波大学で開催された陸上競技学会における室伏選手の講演でした。今、私が「・・・だろう」と言ったのは、室伏選手自身は、このときの講演で、自身がなされているトレーニングの具体的な内容についても、また先ほどお話しした構成の「解体」という方法についても、一切言及されていなかったからです。その時の講演の内容について、私が覚えているのは、一つは、室伏選手がわざわざ^{とあみ}投網をもってきて、その投げ方を実演しながら、しきりに「ハンマー投げと感じが似ている」というような話をされていたことです。もう一つは、会場にいた参加者の質問に答えて、筋力トレーニングはやらないわけにはいかないけれど、それで世界の順位が左右されるわけではないというように、さらには、栄養についてはあまり考えていないし、食べたいときに食べたいものを食べればよいというような話でした。

その際に、参加者からもう一つ質問がありました。それは、「室伏選手の場合に、子どものときから今に至るまで共通して行っているようなトレーニング法はありますか？あるとすればどんな方法ですか？」というように内容の質問でした。このとき、室伏選手は、少し考えてから、会場に向かって、「恐れ入りますが、誰か壇上に上がってきてもらえますか？」と呼びかけました。室伏選手は、壇上に上がった人に向かって、はじめに「恐れ入りますが、ご自身の靴紐を解いて、もう一度結び直してください」と要請しました。それをやり終わると、室伏選手は、今度は、「今やった靴紐を結ぶ動作を、靴紐なしで、目の前の空中でやってみてください」と言いました。壇上に上がった人は、その時に、両手の親指と人差し指でヒモをつかんで、右手をぐるっと回しながらヒモを結ぶような動きをされました。室伏選手はこれを見ていて、そのあとに「はい分かりました、結構です」というようなことを言って、その後は何も言わなくなってしまう、そのまま講演は終わってしまいました。

これから、この室伏選手が挙げた「空中で靴紐を結ぶ」ことが一体どんな意味をもっているのかについて、私の解釈をお話したいと思います。というのも、両手の親

指と人差し指で左右のヒモをつかんでしまうと、実際には靴紐を結ぶことはできないということに気づき、私がヒモなしで「空中で靴紐を結ぶ」ことができるようになるまでにはかなりの日時を要したからです。このような日常的に習慣化されてしまった運動の場合には、動きかたというものはまったく意識されずにできてしまいます。しかも、この場合、その動きかたを意識しようとしても、普通にやっていたのでは、なかなか思い出せません。たとえば「靴紐を結ぶ」という動作の場合には、ヒモの緊張感を取り去って空中で行おうとすると、自分の指の動かしただけを順番に意識せざるを得ないことに気づきます。しかも、このときのひとつ一つの指の動かしかたは、このヒモの緊張感と一体化していて、ヒモを引っ張ると最初の動きが、もう一度引っ張ると次の動きが自然に出現するというようになっています。

実は、室伏選手のこの「空中で靴紐を結ぶ」という話に出会う前に、私は室伏選手が「空^{から}ターン」という奇妙な練習をすることで有名なことを聞いていました。その時に、すでに私は、この室伏選手の空^{から}ターンが、回転しているときのハンマーの「引っ張る感じ」を遮断してしまうことによって、すでにお話しした受動的構成の状態から能動的構成の状態へと導いていく「構成の解体」という方法であるという漠然とした予感をもっていました。しかし、2005年の夏の陸上競技学会の室伏選手のお話を聞いて、私が一番驚いたのは、室伏選手は、「解体」という現象学用語をご存じでないのは当然ですが、この「解体」の手順がご自身のトレーニングのすべてに通じる最も重要な原理であるということに自覚してトレーニングをされていたことです。

それではここで、この「構成の解体」という方法を通して選手はどのような能力を獲得できるのかということについて、簡単にまとめておきたいと思います。はじめに、もう一度確認しておきたいことは、運動は習慣化されると、〈こう動いている〉という感じが意識できない状態で行われるようになってしまうということです。この〈こう動いている〉という感じを意識的に把握するには、すでにお話しした、「構成の解体」という方法を使うことが必要です。ここで、とくに強調しておかなければならないのは、この「解体」という手続きを通してその不可欠性が確認された〈こう動いている〉という感じは、つねに〈それに続いてこう動く(ことができる)〉という感じと一体化されていなければならないということです。言い換えれば、完了してしまった過去の感じを想い出すのではなく、「動きつつある今」として〈今ここでこう動いている〉という感じをとらえることが不可欠なのです。すでにお話ししたように、現象学ではこの能力を「時間化」と呼んでいます。この時間化の能力に裏打ちされて〈今ここでこう動いている〉という感じをとらえることができるようになると、それに続いて、過去

の動きの感じを今ここにありありと思い浮かべる「再想起」という意識の働きが、そして未来の動きの感じを今ここにありありと想い浮かべる「先読み」という意識の働きが可能になります。この「過去の動きの感じを今ここにありありと思い浮かべる」という意味の「再想起」の能力は、技術トレーニングだけでなく、体力トレーニングでも、メンタルトレーニングでも、トレーニングを行う上で不可欠の前提となっています。また、「まだやったことのない動き」を頭の中で組み立て、それを頭の中でやってみて「できる」ようになるという、いわゆる「メンタルプラクティス」では、この「再想起」の延長線上で可能になる「先読み」の能力が求められます。

ここでは、これ以上詳しくお話しはできませんが、室伏選手のトレーニングに関する今日の私の話でとくに強調したかったのは、一流選手の場合には、「すでにやってしまった動き」であれ、「これからやる動き」であれ、そのときの「動いている感じ」を「今ここでこう動いている」という感じとしてありありと想い浮かべることができる能力を身につけているということです。この能力を、オランダの現象学者ボイテンデイクは「生命的想像力」(vitale Phantasie)と呼んでいます(1-S.154 ff.)。

IV. まとめ

今日お話しした「今ここでこう動いている」という感じをつかむということは、言うまでもなく陸上競技のコーチングでもトレーニングに不可欠な前提として認識されています。このことは、たとえば、今年の「陸上競技研究」73号に掲載された、福岡博樹先生の、実践報告「醍醐直幸君の復活と日本記録を支えて」の中に端的に示されています。福岡先生は、ガルウェイの『インナーゲーム』(4)という本に示されている「自分を支配してやらせる自分」、すなわち「セルフ①」と、「言うことを聞かずに勝手にやってしまう自分」、すなわち「セルフ②」の区別に触れて、優秀なコーチほど選手の中にセルフ①を、つまり「自分に命令して、自分にやらせる自分」というものを育てないように指導していくことができるという言葉が引用されて、選手が「自分の内側の感覚にのめり込んでいく」ことの大切さを強調されています。この「自分の内側の感覚にのめり込んでいく」方法こそが今日お話しした「構成の解体」なのです。そして、室伏選手はこの「構成の解体」の具体例として、先ほど話したように、「靴紐を空中で結ぶ」という方法を挙げられたわけです。このときに「解体」の対象となっている「靴紐を結ぶ」という動作の場合には、動きをゆっくりやったり止めたりして、「今ここでこう動いている」という感じを逐一確認することが可能です。しかし、実際のハンマー投げでは、動きをゆっくりやったり止めることはできません。このために、室伏選手は、端からは奇妙に見えるさまざまな方法を使って、「空ターン」を行

うときに生じるこの種の問題を克服されているのではないかと思います。

—参考文献—

1. Buytendijk, F.J.J. (1956) Allgemeine Theorie der menschlichen Haltung und Bewegung, Springer-Verlag.
2. Fetz, F. (1988) Allgemeine Methodik der Leibesübungen, Österreichischer Bundesverlag.
3. 福岡博樹 (2008) 実践報告「醍醐直幸君の復活と日本記録を支えて」, 陸上競技研究 73.
4. ガルウェイ, W.T. (後藤新弥訳) (1976) インナーゲーム, 日刊スポーツ出版社.
5. 金子明友 (2005) 身体知の形成 (下), 明和出版.
6. 木田 元ほか (編) (1994) 現象学事典, 弘文堂.
7. 山口一郎 (2002) 現象学ことはじめ, 日本評論社.

《基調講演講師プロフィール》

朝岡正雄 (あさおか まさお)

1948 年生まれ

現 職：筑波大学大学院人間総合科学研究科 副研究

科長／コーチング学専攻長

筑波大学大学院人間総合科学研究科 教授

学 歴：博士 (体育科学)

研究分野：スポーツ運動学

【日本陸上競技学会第7回大会（日本大学）】

シンポジウムⅠ 「陸上競技トレーニング期分けの現在」

【陸上競技トレーニング実践者への提案】

コーディネーター 加藤 昭（日本女子体育大学）

はじめに、2008年北京オリンピック開催直後に行われるこの日本陸上競技学会大会シンポジウムとして、「陸上競技トレーニング期分けの現在」を取り上げていただいたことに感謝いたします。この大会プログラムはまさにタイムリーな企画でした。

オリンピックはほとんどの選手がその年度（あるいは4年周期）の目標試合としています。そこでベストパフォーマンスの達成が目指されることになります。試合における選手の評価は基本的には順位によりますが、これは競い合う他の競技者との相対的評価です。陸上競技選手に対するもう一つの評価は、自己記録（年度ベストなど）に対するその試合の達成記録によって行うこともできます。年間（中長期）トレーニング計画を立案する時、目標とした試合における達成目標記録を設定することは一般的なことです。陸上競技に関わる者、特に選手に直接関わる立場にある現場の指導者にとって、トレーニング期分けの問題はとても関心のあることだと思います。

今回のパネリストの村木先生は、スポーツ科学研究の草分け的な存在であるマトヴェイエフの期分け理論をいち早く取り入れ、ご自身の理論展開を発展されると同時に、期分け理論の実践者として大きな成果を上げられています。また、渋谷先生には、日本の男子マラソンの問題点と今後の対策について熱く語っていただきました。それぞれの発表内容については、両先生が書かれた概要をご覧くださいと思います。

トレーニングの（指導）実践において、一般論としてのトレーニング理論は大変参考になる「道しるべ」です。しかし、選手が10人いれば、10通りの方法があるのも事実です。いわゆる「個性」の問題が存在します。では、何をよりどころにすれば迷いなく選手を良い方向へ導けるのでしょうか？その問題を解決するヒントは、多くの先人（金メダリストやその指導者はもちろんのこと、名もない選手・指導者たち）のコメントから得られると思います。日本陸上競技学会大会における今までの発表は、多くの有用な示唆の宝庫でもあります。

そこで、この稿を借りて一つの提案、お願いをしたいと思います。日本陸上競技学会会員・非会員に関わらずトレーニング（指導）実践の記録を、あらゆる機会を利用して発表・紹介していただきたいのです。発表の方法はいろいろあると思いますが、事例研究という方法の一端を紹介したいと思います。この内容は日本スポーツ運

動学会大会・特別講演「事例研究の質を高めるために—関与観察とエピソード記述の周辺—」鯨岡峻（スポーツ運動学研究 15:1~12 頁）からの引用です。参考にしていただければ幸いです。そして、次代を担う陸上競技者のために、トレーニング実践例の紹介を発表していただきたいと願っています。

『心理学の世界で、それも私が理想としている事例研究は、世間をアッと言わすような驚くべき一つのエピソードと出会って、そのおもしろさを告げていくような研究ではありません。あまりにも当たり前すぎる事象、当たり前であるが故にみんなが見過ぎてしまうようなできごとやエピソードのなかにかえって非常に大事なものがあります。たとえば、小学生や中学生たちに体育を指導していく場合にどうすればいいか、どうすれば技術が向上するか、どうすれば子どもたちがもっと競技に興味をもつようになるだろうかという問題に関して、人をアッと驚かせるような奇抜な事例やエピソードをみつければ確かに人目につきますが、意外にそれは例外的な事態であって、そこから言えることは大変少ない場合が多いように思います。そうではなくて、本当に日常起こっているようなことのなかに、これだと思ふようなことをつかめるときが一番おもしろいわけです。私は、事例研究は決して客観性、公共性に向かって閉じられた研究方法だとは思っていません。たった一つの事例であっても、それを深く追求していけば、必ず一般化できるものに行き当たります。それについては現象学にまで話を及ぼさなければならぬのですが、そこまでいくことは今日ではできません。』

『抄録に逆上がりの事例を挙げている先生がいっぱいでしたが、たとえば鉄棒につかまって、何とか思い切り反動をつけて脚をポーンと上に蹴りあげて逆上がりをするんだという思いはあっても、まだできないうちは鉄棒を見ただけで、何かすくんでしまう気分になるときがあります。その子に関わりながら傍らで見ている人は、そこでその子がすくんでしまっている、もういやがっているというように感じます。それが客観的かと言われると簡単にそうだとは言えません。なぜならば、全然関心を持っていない人には、その子がいやがっているのかどうかはわからず、ただ鉄棒をしないとしか見えないからです。ところが、その子を間近でじっと見てみると、いやがっているなあという思いが伝わってきます。それ

が後ほどお話ししようと思っていることなのですが、間主観的につかめると言うことなのです。つまり、いやがっているのは子ども本人であり、いやだというのはその子の主観のなかに起こっている感情です。それを別の人間である先生が、いやなのだなあとつかめます。しかし、外から客観的に見ていたのでは、絶対につかめません。傍らにいて、その子どもの息吹を感じながら観察する態勢に入らないとわからないのです。そこをつかめると言うことに、関与観察の、そして関わることの大事さがあります。みなさんの運動学研究のなかで、一人の研究者としてアスリートの個別の体験に迫ろうとしても、それを客観的に見ているだけでは絶対にできません。その人の体験世界の中に入っていくには、自分が生身のからだをもって関わりながら相手の息吹を感じるしかありません。そのときはじめて、相手の主観的なものが私とあなたという2者のあいだを通して、私の主観性のなかに入り込んできます。これが間主観的な関係です。私はこれが一人の人間の体験的世界を理解するうえで絶対に欠かせないルートだと考えています。

こういう他者の体験しつつあるものに関与しながら把握するという事態は、教育や保育はもちろん、みなさんの体育学や私たちの心理学においても大事なものであったはずなのですが、これまではそれが客観的に捕まえられない、数量化できないということで切り捨てられてきました。このことが人間科学全般にとって不幸な状態を生み出してきたのでした。これまでの人間科学は自然科学をモデルにして、それに則ったアプローチが一番有効であるという前提で研究が行われてきました。確かに、科学的に分析してみなければ分からなかった事実もたくさんあります。たとえば、みなさんの世界であればバイオメカニクスのような領域の研究によって明らかにされたことがたくさんあるでしょう。しかし、そういう客観的なアプローチでは迫れない体験的世界が同時にあります。人間が人間に関わっているときに初めてつかめるような世界です。ところが、それはまだまだ曖昧模糊とした世界でもあります。たとえば、同じいやがっているという言葉で表現していても、そのいやがっている中身というのは多様です。いやがっているという言葉で描写しましたが、体験的にとらえられた「いやがっている」中身には、その人にしかわからない部分があります。ここが、このアプローチの限界であり弱点であるかもしれませんし、逆に強みになるかもしれません。どういういやがり方で、どういう水準のいやがり方なのか踏み込んでいくために、自分が感じるその子のいやがっている感じ、つまり自分に間主観的に把握されたその「いやがっている感じ」を煮詰めていくのです。そのさい、他の人がいやがっていると感じるのと、自分がいやがっていると感じるのとが一致するかどうかを問い、一致しているという証拠を示せなければ学問ではないとわれわれを恫喝し

てきたのが、従来の客観主義の枠組みです。確かに、いやがっているという表情をビデオに撮って科学的に表情分析すれば、普段の元気な様子と頬の筋肉の引きつり具合が何ミリ違うとか、頬の色が平静に比べて何度違う色合いであるといった客観的な指標を示すことができるかもしれません。しかし、私が今つかんでいるその子のいやがっている感じが、ああやってみよう、こうやってみようという関わりの中かで、フッと消えていき、その子にやる気が起こってきたとわかってくることがあります。そのときの経験というのは非常に不思議でおもしろいし、その子の今を理解するうえで非常に大事なものだと思います。そういうところこそ、まさに事例研究として紹介してほしいものなのです。このようにいやがっていた気持ちがこの瞬間に切り替わった、ここで何が起こったのだらうというようなことを明らかにできれば、関与観察という方法が生きてきます。』

《シンポジウムIコーディネータープロフィール》

加藤 昭（かとう あきら）

1948年生まれ

現 職：日本女子体育大学 教授

学 歴：東京教育大学体育学部卒

研究分野：スポーツトレーニング論

スポーツコーチング論

トレーニング計画論

【トレーニング構成の原理としての期分け論の本質的意義】

パネリスト 村木 征人（筑波大学大学院 人間総合科学研究科）

Keywords: periodization, sport-form, cyclic nature, yield rate (variation band), growth rate, complementarity, multi-task

All athletes and coaches consider the Olympics once every four years to be the most prestigious stage not only in a season but also the life, do their best, play a game, and are aiming to achieve the personal best. Every athlete tries to reach the top at the right moment of their key stages, to develop a careful training scheme, and to practice it. Various promo words such as peak or top performance, condition, or form, and 'peaking', overflow in the daily conversation and the mass media. These copies also originate in the pilot study of Matveyev L.P. (1965), and associate "training periodization" assumed to be today's world standard model. However, an actual game performance (output) is an extremely stochastic phenomenon. Therefore, a remarkable difference is clear with the content of the report with a brilliant medal count by the mass media. In this text, an essential meaning of the periodization theory is reconsidered from the statistical viewpoint about the varying annual meet performances of world's top-level athletes such as "growth potential" and "yield rate".

1. はじめに

地上最大のコンテンツとなった4年に1度のオリンピック大会への社会的関心はかつてないほどの高まりを見せている。すべての選手・コーチらは、世界選手権やオリンピック大会を最高の晴れ舞台とみなし、トレーニングのみならず全生活を傾注して代表選手の座を獲得すると共に、本舞台での最高業績の達成を目指している。スポーツトレーニングは、そのための間接的および直接的（もしくは一般的および専門的）な準備過程といえる。具体的には、一連の選抜大会を通じ、更に本大会に向かって、自己の競技力を最高度に高める「向上性」（伸び代）の獲得と共に、そうした大会での失敗を最小限に留めるために高度な「安定性」（歩留り）を獲得するための準備過程でもある。しかし、目標とされるこれらパフォーマンスの「向上性」と「安定性」の2つは、論理的にも同時には成立しない相互排他的な関係にある。この理由は、向上にはある種の変化が求められるが、安定は全体に変化の抑制が求められる過程だからである。

一方、オリンピックや世界選手権大会等の最重要試合の本番では、誰もが最高業績の達成を願い、期待することから、巷に溢れるのは、ピーク（又はトップ）パフォーマンスやら、ピーキング、トップ（又はベスト）コンディション、もしくはトップフォーム等の魅力的なコピーである。これらは、Матвеев ЛП (1965) の先駆的研究に由来し、今日の世界標準モデルとされるスポーツトレーニングの「期分け」論を連想させる。しかし、誰もが最高業績の獲得を目指し、全力発揮で臨む主要試合での競技パフォーマンス（出力）の実際は、一定の歩留りでの「安定性」の指標による評価が相応しい、極めて確率的な現象である。従って、これらのコピーは、期待や願望を含意する魅力的な表現ではあるが、競技パフォーマンスの実態を表わすものではない。むしろ、そう誇張することによって、選手らに余計なストレスを生み出す可能性も無視できない。

本稿では、トレーニング論の立場から、競技パフォーマンスを生み出す母体とみなす「競技的状态」の基本概念を再考し、今日、ピークパフォーマンスもしくはピーキングと安易に呼称することの論理的矛盾を検討する。

2. トレーニング期分けの本質

—競技的状态の概念規定

今日の世界標準モデルとされるトレーニング構成の原理を導出した、元祖 Matveyev LP の「期分け論」の革新性は、それまでの季節・気候的条件、試合日程、トレーニング計画、トレーニング課題等を期分けの原因とみなしてきた古典的概念から脱皮し、それらは期分けの重要な条件ではあるが、本質的な原因ではないとの逆転の発想に立ったことにある（図1）。

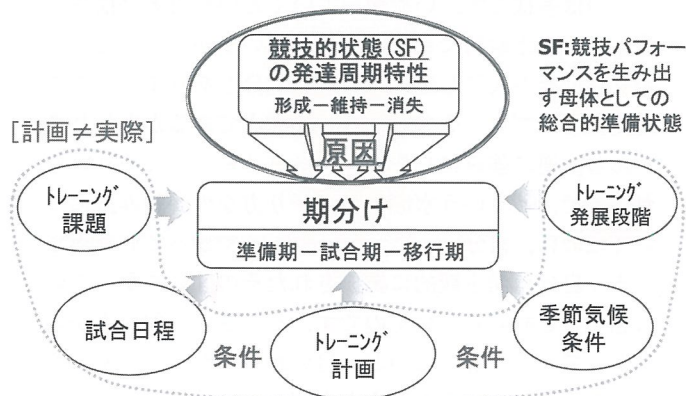


図1 期分けの本質的な原因と条件との関係の概念図

そこでは、選手が試合に出て高度な競技パフォーマンスを生み出すには、適切なトレーニングを通じて競技的発達の新しい段階毎に到達する最高の力を備えた状態を獲得する必要があるとして、その新しい実践的な概念を「競技的状态 (sport-form)」と命名した。この競技的状态は、「形成—維持—消失」という一連の発達周期特性を有し、その周期構造を更新することによってのみ競技パフォーマンスの相補的な向上性と安定性が補償され得るとのトレーニング構成の原理に関わる仮説モデルを設けた。また、トレーニング期分けの本質的原因は、この発達周期特性にあるとみなしたことに始まる。

この研究経緯ならびに背景は、旧ソ連での Matveyev の原著初版「スポーツトレーニングにおける期分けの諸問題」(Matveyev, 1965) に詳しい。しかし、東西冷戦時代にあつて、西側諸国 (特に英語圏) へのロシア語原著初版からの正確かつ直接的な翻訳・伝播はなされず、間接的かつ断片的な紹介や解釈によって広まった。因みに、Peaking なる表現は (私の知る限りでは)、オリンピック・ミュンヘン大会の翌年に発表されたマトベエフ研究の追試として、オリンピック年での本大会出場選手らの競技パフォーマンスの変動を扱った英訳論文タイトル "Periodization, or peaking at the right time" (Krüger, 1973) に使われたのが最初である (村木, 1994)。また、Peak performance なる語は、一般トレーニング理論へと発展した Matveyev の第2原著 (Matveyev 1977) の英訳版 (Matveyev 1983) が旧ソ連から西側世界に流布した後、ロサンゼルス五輪の開催に合わせて発刊され、スポーツ心理学の社会的認知度を高めた著書 "Peak performance: mental training techniques of the world's greatest athletes" (Garfield CA et al. 1984) が該当する。しかし、いずれもタイトルが先行し、競技パフォーマンスの実態に基づいて客観的合理性が論じられたものとは言い難い。

Matveyev の期分け論研究において、当初、「競技的状态」の評価指標として用いられたのは個々の選手の年間平均記録であり、それを上回った期間を競技的状态にあるとみなした。その結果、定性的な競技パフォーマンスの分布状態から、それぞれ1山型、2山型、多山型、そして分離2山型の4つの代表的タイプ類別がなされた。したがって、それ自体には、特定の最重要試合へのピンポイントでのピーキングを扱ったものではない。また、それらのタイプ分けは、一定の種目特性との関連例も示唆された (持久系種目での1山型への偏在とスピード・筋力系種目での多様性)。しかし、これらの分析と評価指標は、今から40年も前の選手を対象にしたものである。

では、その後の20年間に急成長を遂げ、プロ選手としてフルタイムで活動するに到ったオリンピック及び世界選手権大会への参加選手レベルでの競技パフォーマンスの実態はどのようなものであろうか？ また、当時既に予想されていた、種目特性はどのようなものであろうか？

3. 競技的状态の指標—向上性 (伸び代) ・安定性 (歩留り)

客観的計測スポーツとしての陸上競技での競技パフォーマンスの「向上性」は、選手の年間最高記録をその代表的指標として、極めて明示的に扱うことが出来る。その一般的傾向は、緩やかなS字状曲線で知られる成長曲線の後半部分に相当し、初期の発達段階ほど年間成長率は大きく、生涯最高記録達成年に近づくにつれて急速に縮小し、いずれは0成長の維持もしくはマイナス成長に転じる。生涯最高記録を基準 (100%) とする相対成長で見ると、種目間の違いもあるが、最初の年の記録から概ね10~40%の「伸び代」を持っている。奇妙にも、この「伸び代」は、世界記録の推移としてみた種目毎の系統発生的な伸び代に相当する。即ち、男子の場合、総てのトラック種目が+10~15%、棒高跳以外の総ての跳躍及び混成競技種目では20~25%、そして残りの棒高跳及び総ての投てき種目では40~45%に相当する。この他、より短期的な指標としては、開幕直後からシーズンベスト記録迄の比、もしくは対前年比 (または前年までの対自己最高記録比) および対世界記録比なども使われる。

一方、「安定性」の代表的指標としては、年間もしくは当該シーズンでの試合記録のばらつきの度合い (偏差) によって評価され、個人間もしくは種目間の比較にはスケールの影響を排除した平均値と標準偏差から算出される変動係数 (coefficient of variation: CV) を用いる。この他、年間平均記録等の一定の記録水準を超えた達成回数基準、密度基準 (記録間の平均的時間間隔) および持続性基準などが用いられる。

発達過程において、両者は相反的な trade-off 関係を有し、初期ほど伸び代は大きい、その分、歩留りは悪く、安定性を欠く。いわば、安定性は一定レベルまで、伸び代を犠牲に獲得されたものでもある。こうした意味では、上級者での真の困難性は、伸び代を代償に獲得してきた安定性を如何に打破できるかにかかっているとも言える。しかし、両者は単なる相反の直線関係ではなく、基本的には年間を通じての組織的なトレーニングによって導かれる選手の競技的状态の「形成—維持—消失」というサイクリックな波状かつ確率的な現象である。従って、競技的状态 (sport-form) の発達周期構造と期分けとがうまく合致した試合ならびにトレーニング計画を組み立てるための構成原理の探求こそが、期分け論が目指した研究目標と課題でもあった。

図2は、期分け論が目指した競技的状态の「形成—維持—消失」の発達周期と実際のトレーニング期分け内容である「準備期—試合期—移行期」とが合致した基本モデル (台形の太い実線) と、「歩留まり」 (細い波線) の目安となる当該周期における一定の年間記録変動幅とを

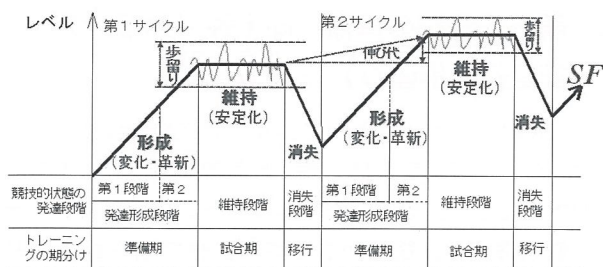


図2 競技的状態 (sport-form) の周期的発達特性と各段階に対応するトレーニングの期分け

重ね合わせて描写している。また、競技的状態の一時的消失後、次の周期で描かれた記録変動幅との傾斜を「向上性」として見立てている。

Matveyev が当初用いたこの評価指標は、個人間ならびに複数年の記録変動状態を比較するために、当該周期での年間最高記録 (season-best) を 100 とする際の年平均記録を基準として、それを上回った期間を競技的状態にある「維持」期間とみなした。しかし、競技パフォーマンスの向上性も加味するには、当然、前年度までの自己最高記録 (personal-best) を基準にする相対評価も必要となる。また、最高記録の達成を目指す実際の競技的関心からも、後者の指標が重視されるのは当然である。こうした指標は試合と共に存在し、最近では「ピーキング」の名のもとに、人々はオリンピック大会等の最重要試合での自己最高記録の達成を目指す。実際の達成確率は現在もなお 40 年前と同じ 30% 未満にとどまっている (後述)。

今日のグローバルな地球規模での南北両半球に跨っての転戦もしくは室内試合を利用すれば、古典的な季節外れであっても年中試合参加は可能である。しかし、実際には、競技的状態の形成段階および一時的消失段階での試合参加はモチベーション的にも一種の破壊試験の危険性を伴う。また、室内試合は参加規模からしても極めて限定的で、高度な安定性と持続可能な向上性の維持のためには、十分な充電期間が設けられた年 1 周期制が今日なお国際的な標準理論として支持されている。

向上性の維持は、発達段階にあるジュニア選手とは異なり、達成段階に到達したシニア選手ほど著しく困難になる反面、記録の安定性は高まる。このため、シニア選手が真に直面する課題は、逆説的な意味でも、変化を生み出すための安定性の打破が不可欠となる。したがって、この実現は、高度な安定性の一時的消失と形成段階での安定性の打破による再形成、もしくは抜本的なリフォームによって更新される必要がある。

4. 相対達成度から見た種目特性とピーキングの虚像

競技的状態の評価指標は、当初、客観的計測競技スポーツにおける試合記録の年間平均記録を 100 とし、そ

れを上回った期間を目安に用いていた (Matveyev, 1965)。その後、この指標は、トップレベル中長距離走者を対象とした競技パフォーマンスの動態に関する研究から、当該シーズンにおけるシーズンベスト記録を基準 (100%) とする偏差についての累積度数分布から検討し、これらの種目への競技的状態の新たな判定基準ゾーンにはシーズンベストの -2% を提案し (Matveyev, 1974)、種目特性に応じた設定の重要性を示唆した。因みに、この -2% ゾーンには、全対象者の約 60% が含まれる。しかし、これらの指標は、年間平均記録もしくはシーズンベスト記録を基準にしたもので、いずれも当該シーズン終了後の事後的な評価である。しかも、個々の選手の自己記録に対する相対値である達成度からみた検討は、唯一「自己記録の更新確立は全ての種目を通じて 30% を超えるものではなかった」(Matveyev, 1965) との記述があるのみで、具体的な検証報告は参考文献も該当せず見出せなかった。また、新たに提案されたシーズンベストの -2% とする判定基準ゾーンは、異なる運動形態と競技形式を持つフィールド競技の種目特性への考慮はなされていない。

総てのトラック及び道路競技種目は、他律的な一斉スタートで開始され、直接競争の形式でタイムを競い合う競技特性を共有する。他方、跳躍および投てき種目からなるフィールド競技は、個々の選手が自律的に試技を開始し、一定のルールに沿って重ねられた試技の最高記録によって順位が決定される間接的な競争形式で競われる技術性の高い種目でもある。系統発生的な意味でのこれら異なる競技間での発達特性の差異は極めて顕著である (村木, 1994: 15-17)。したがって、競技的状態の判定指標として一定の相対達成度を一律に設定するのは相応しい対応とはいえない。その理由は、公正な評価基準ではないと共に、種目によっては (特に、技術性の高いフィールド競技種目では) 余計な心的ストレスを生み出し、競技パフォーマンスにも悪影響を及ぼしかねないためである。

そこで、筆者らは、高度化した競技記録のより最近の国際的なトップレベル選手を対象に、異なる競技部門間での同様な年間記録分布の再検討を行った (藤川ら 2007)。

図 3 は、前述した国際的なトップレベル選手 (スプリンターとジャンパー) らの最近 6 年間 (2000-05) の全活動記録から得られた、前年度までの自己記録に対する達成度 (横軸%) に関する度数分布 (右縦軸) と累積度数分布 (左縦軸) を表わしている (藤川ら 2007)。

走種目 (sprinter) と跳躍種目 (jumper) それぞれの群内での異なる年次 (例えば、対象データに含まれる 2 度のオリンピック年の特異性—自己記録の更新確立および平均値の上昇等) での違いは全く見られず、同一集団として扱っている。しかし、両群間には分布と平均値ともに顕著な違いが見られ、同一集団として扱うことは出来

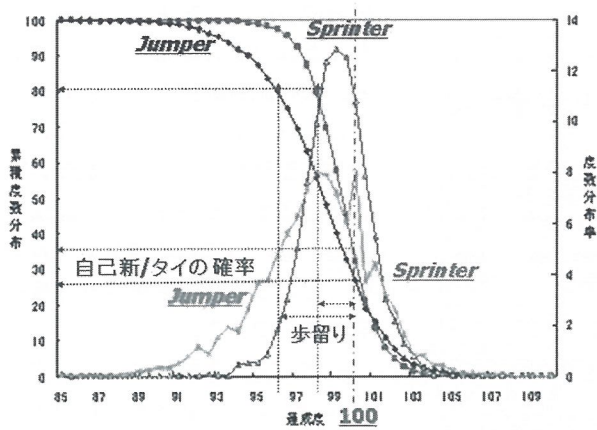


図3 世界年次10傑選手（スプリントおよび跳躍種目の全ての年間試合記録の分布（2000—05年）：前年度までの自己最高記録に対する相対値（%）の度数分布と累積度数分布

ないので、それぞれに異なる評価基準を設けるべきであることは明らかである。因みに、34年前に査定された中距離種目のデータから設定された2%水準での累積度数で占める割合は約80%であったので、それに相当するレベルでの相対達成度をそれぞれの累積度数分布から推定すると、スプリントおよび跳躍種目でそれぞれ2%および4%に相当する。

これらのデータは、対象選手らの年間における自己記録更新の確率分布を直接描写したものではないが、誰もが最大目標とする最重要試合での確率分布の普遍性は（種目特性はあるものの）、「ピーキング」と称する意味とは異なる現象であり、一定範囲内での安定性の指標としての「歩留まり」的の評価に相応しい現象であることを示唆している。換言すれば、成熟段階にあるトップレベルでの最重要試合のパフォーマンスは、種目特性に応じた自己記録に対する達成度のマイナス数%以内であれば「よくやった」のであり、その逆のプラス数%をマークするチャンスも同等の確率として在り得る。また、実際のファイナリストとなるための入賞記録の分布も僅か数%未満の範囲内に留まっており、勝者が発する「勝負は時の運」は正に謙虚かつ正鵠を得る表現といえる。

他方、最重要試合でのそうした範囲を逸脱した結果が得られた場合には、その背後に何がしかの特異な現象、例えば、大幅なマイナスの場合は身体的もしくは心的トラブル（故障やあがり）、逆に大幅なプラスの際はドーピング違反等の可能性すら憂慮され得るであろう。しかし、個体発生での「歩留まり」と「伸び代」との指標間には、特に発達段階にある若いジュニア選手ほど顕著なトレードオフ関係にあり（伸び代が大きいほど歩留まりは悪い）、達成段階にあるシニア選手とは区別して扱う必要がある。

図4は、誰もが最高業績の達成を目標に代表を目指し、4年に1度の最重要試合でもあるオリンピック大会での陸上競技の達成度の累積度数分布を競技部門別に示している（村木、1989/1994）。対象は、オリンピック大会（陸上競技）への全出場者で、エントリー時までの自己最高記録を100%として、本大会での個々の競技記録を相対値とする差分を横軸にプロットした競技部門別の全選手を100とする相対度数分布を示している。

全ての走種目でのトラック競技（マラソンを含む）は同一集団とみなされ共通の判定基準を適用し得るが、跳躍及び投てき種目のフィールド競技との間には種目特性による顕著な違いが示され、それぞれに相応しい評価基準の設定が必要なことは明らかである。また、そこでの自己最高記録の更新確率は、マトベエフの原著に記述された「30%を越えるものではない」（Matveev, 1965）とする当時の結果とも概ね一致している。しかし、競技間には顕著な有意差が認められ、全てのトラック競技で35%＞跳躍競技で約20%＞投てき競技で約10%の順に顕著に低下した。

この関係は、奇しくも、公式種目としての男子の世界記録の系統発生的な発達過程での初期から今日までの「伸び代」の大きさと順序（トラック種目10—15%＜跳躍種目20%＜投てき種目40—45%）とは相反的な関係が見られる。このことはまた、個体発生的な個々の選手の自己記録の年次相対記録推移においても類似の関係が見出され、「伸び代」（向上性）と「歩留まり」（安定性）とがトレードオフ関係にあることを示唆している（図5及び図6参照）。

成熟段階に達したトップレベル選手らによる競技パフォーマンスのこうした確率的現象には、メダル獲得もしくは記録更新を「結果を出した証」としてひたすら勝者のピーキング虚像を賛美誇張するメディア的扱いでの皮相（かつ悲壮）的表現とは一線を画した対応が求められる。

以下の図には、事例的に、現三段跳世界記録保持者で

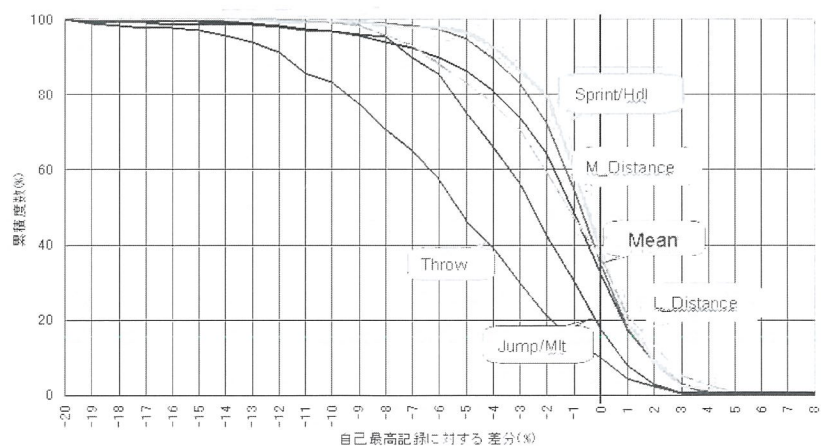


図4 オリンピック大会（1984—2000）陸上競技における全出場選手のエントリー時の自己最高記録に対する本大会での競技記録の相対値の差分に関する競技部門別累積度数分布の比較

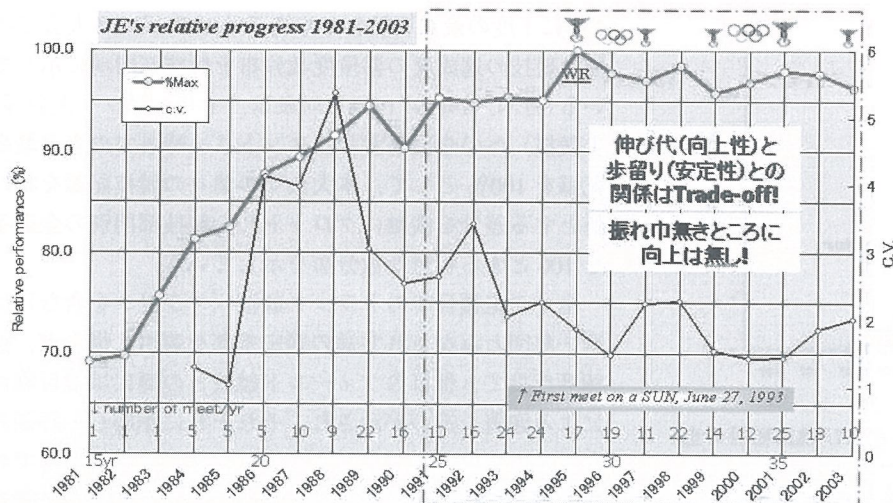


図5 J. Edwards (三段跳世界記録保持者, 2000 OG, 1995/2001 WC 覇者) の年次最高記録と変動係数 (C.V.) の推移: 縦軸は生涯最高記録を 100 とする相対記録 (左%) と C.V. (右), 横軸は西暦 (下段), 年齢 (中段) 及び年間試合数 (上段)

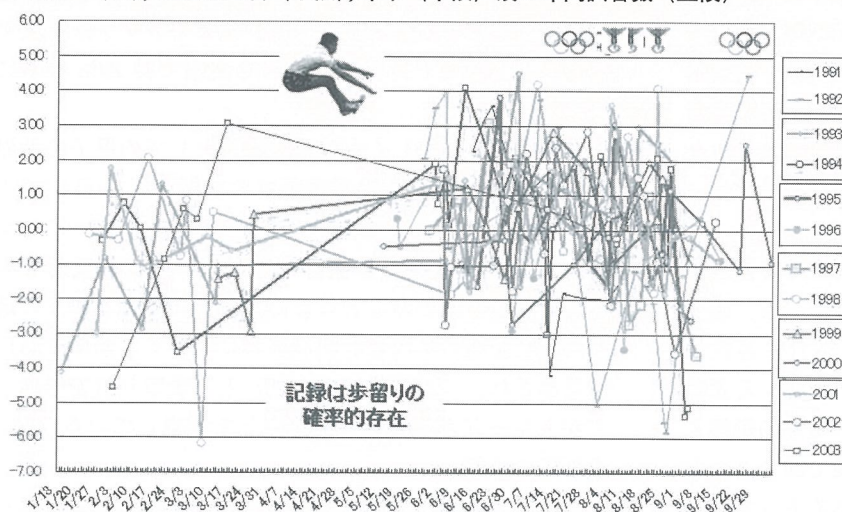


図6 J. Edwards の成熟段階 (25-37 才: 1991-2003) における年間記録変動の重ね合わせ結果: 横軸は年間の 365 日, 縦軸は毎年の平均記録を 100 とする年毎の相対記録の差分 (中央が±0 値)

オリンピック大会 (2000) 及び世界選手権大会 (1995/2001) 優勝者でもある J. Edwards の, それぞれ年次最高記録と変動係数の推移 (図 5) と, 成熟段階 (25-37 才: 1991-2003) における年間記録変動の毎年の平均記録を 100 とする年毎の相対記録の差分の重ね合わせ結果 (図 6) を示した。

5. まとめ

マトベエフが開拓した「期分け論」は, トップレベルスポーツにおけるトレーニング構成の原理を探求する際の国際標準理論として, 今日なお世界中で高い関心を持たれている。その理論の中核概念は, 適切なスポーツトレーニングを通じてのみ獲得し得る選手の「競技的状态」であり, その周期的発達特性にある。競技的状态は, トレーニングを通じて発達・維持され「心技体」の総てに関わる多面的かつ統合的な現象である。したがって, 陸上競技のような計測競技での競技的状态を表す唯一の

総合的指標は, 精密な客観的計測がなされた試合結果 (記録) である。この記録動態は, 上述したように, 選手やコーチらが目標とする最重要試合でのベスト記録の更新を目指す”ピーキング”願望とは異なり, 一定の歩留りレベルでの, しかも種目特性を伴う『確率的現象』である。

一方, 試合自体もまた, 一定の周期 (年間および多年時) の枠中で, 一定の選抜過程を経て当該周期のチャンピオンを決定するハイアラキーを構築すると共に, それを更新することで向上性, 即ち変化を生み出すための周期構造の形成が求められる。それらを組織・運営する連盟側にとっては, 選抜過程でのチャンスの平等と選考基準の公平性の確保が必須の課題であるのは言うまでもない。記録動態の本質からして, 同一試合での記録 (もしくは一連の選考試合シリーズでの総合結果) で評価されるのが合理的であり, 異なる試合結果の比較は極力避けるべきであろう。

競技的状态を表す唯一の統合的指標となる競技記録で示される向上性 (伸び代) と安定性 (歩留り) は, 相互排他的な相補性関係にある。言い換えれば, 向上は変化を生み出す過程であり, 安定は変化を避け, 現状を維持する過程である。高記録を出した後は, 誰しもその状態をいつまでも維持したい (もしくはもっと頑張ればもっと伸びる) と思うのが普通である。また, その際には, 試合を含め, 高度に専門化されたトレーニング内容をできるだけ持続しようとする傾向にある。相対的には (心的にも), それまで全力 (もしくは最高・最大) だった記録や負荷は最大下に転ずるわけでもあるので, そうした傾向に流れるのも無理はない。

しかし, 競技的状态の発達周期特性を無視した高度な安定性の追及は, 長期的な発達過程としてみれば, 向上性の持続や技術革新のチャンスを妨げ, 超過補償とは表裏一体のバーンアウトやオーバートレーニングでの大きな負の代償の蓄積にもなりかねない。こうした意味で, 成熟段階に達した今日のトップレベル選手にとっては, 競技的状态の発達周期特性に基づくトレーニング構成の原理としての「期分け論」の重要性は, 今後ますます深まるであろう。

6. 参考文献

- Garfield CA and Bennett HZ (1984) Peak performance: mental training techniques of the world's greatest athletes. Jeremy P. Tarcher, INC.
- 藤川健司, 佐久間康太, 谷川聡, 河合季信, 村木征人(2007) 陸上競技跳躍種目における競技的状态の判定ゾーンの再検討. 日本スポーツ方法学会第18回大会大会号 p.54
- Krüger A (1973) Periodisierung und Selektion der Leichtathleten in Olympiajahre. Leistungssport 3(2):91-99
- Krüger A (1973) Periodization, or peaking at the right time. Track Technique 54:1720-1724.
- Lempart T (1973) Die XX Olympischen Spiele München 1972 —Probleme des Hochleistungs-sports. Bartels & Wernitz.
- Lempart T (1977) Probleme des Hochleistungssports-Olympische Analyse Montreal 1976. Bartels & Wernitz.
- Матвеев ЛП (1965) Проблема периодизации спортивной тренировки. Москва. (G)Matwejew LP (1972) Periodisierung des sportlichen Trainings. Bartels & Wernitz.
- Матвеев ЛП, Red. (1974) Совершенствование системы подготовки спортсменов. Москва.
- Матвеев ЛП, (1975) Основы спортивной тренировки. Москва.
- Матвеев ЛП (1977) Основы спортивной тренировки. Москва.
- Matwejew LP (1981) Grundlagen des sportlichen Trainings. Sportverlag Berlin. (E)Matvejev LP (1981) Fundamentals of Sports Training. Progress Publishers Moscow. (J)マトヴェイエフ LP(江上訳) (1985)「スポーツ・トレーニングの原理」白帝社.
- 村木征人 (1989) オリンピック大会(陸上競技)での競技達成度に関するトレーニング論的考察. In: 日本体育学会第40回大会号 p.584.
- 村木征人(1994) スポーツ・トレーニング理論, ブックハウスHD.
- 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 18:9-22.
- 佐久間康太, 藤川健司, 谷川聡, 河合季信, 村木征人(2007) 陸上競技短距離・障害種目における競技的状态判定基準ゾーンの再検討. 日本スポーツ方法学会第18回大会大会号 p.53

《シンポジウム | パネリストプロフィール》

村木 征人 (むらき ゆきと)

E-mail: muraki@hosei.ac.jp

1945 年生まれ

現 職: 法政大学スポーツ健康学部教授
(筑波大学名誉教授)

学 歴: 1968 年 東京教育大学体育学部卒業

研究分野: スポーツトレーニング・コーチング論

【日本男子マラソンの現状と課題】

～中・長期的視点から競技力向上を考える～

パネリスト 渋谷 俊浩（びわこ成蹊スポーツ大学）

◆男子長距離・マラソン界の現状

【はじめに】

2008年8月15～24日、第29回オリンピック競技会陸上競技が中国・北京で開催された。日本陸上競技連盟強化委員会男子マラソン部（以下、強化委員会）では、北京オリンピック男子マラソンでのメダル獲得を目指し、前回のアテネオリンピック以降さまざまな取り組みを行ってきた。これまで以上に選手・チームと強化委員会、JISS、そして関連企業が連携して行った主な内容は次のとおりである。

- ①合同合宿・研修会の実施（北京プロジェクト、長距離・マラソン研修会）
- ②医科学データのトレーニングへの活用（ケニア人選手プロジェクトなど情報の収集・分析・共有）
- ③競技用品の開発・改良（ウェア、シューズ、給水ボトル、汗拭きタオルなど）

これらの取り組みを行った結果、2007年大阪世界陸上男子マラソンにおいては、個人でのメダル獲得はなかった（5位入賞）が、団体では3大会連続の金メダル獲得と概ねその成果を活かすことができた。そして、これらの経緯を踏まえて今回のオリンピックレースに臨んだのだが結果は周知のとおり、予想以上の高速レースに対応できず、レース前のアクシデントを含め、十分に持てる力を発揮できないままに終わってしまった。

現在、強化委員会ではこのようなオリンピックの結果を真摯に受け止め、原因・課題の抽出と、それらへの早急な対応（まずは方向性・指針の明確化）が急務となっている。そんな折、陸上競技学会から発表の機会を与えていただいた。今回は、日本男子マラソン界の現状を踏まえながら、テーマ「陸上競技トレーニング再考：トレーニングの期分けの現在」に沿って、中長期的視点から競技力向上について論じたい。

【国際競技力の推移】

近年の国際主要競技会における日本男子マラソンの競技力を概観すると、1991年の東京世界選手権での谷口浩美選手（引退）の金メダル、1992

年のバルセロナオリンピックでの森下広一選手（引退）の銀メダル、1999年のセビリア世界選手権での佐藤信之選手（引退）の銅メダル、2005年のヘルシンキ世界選手権での尾方剛選手（北京オリンピック代表）の銅メダル獲得があるが、2000年のシドニーオリンピックでの高橋尚子選手と、2004年のアテネオリンピックでの野口みずき選手の2大会連続金メダル獲得を筆頭とした女子の華々しい活躍と比較すると、若干低調であるという印象を受けることは否めないし、加えて現在の男子マラソンの世界ランキングを見ると、世界記録保持者のゲブラ・シラシェ選手をはじめランキング上位を占める選手のほとんどが今もなお現役であることから、現状では個人が国際レベルで活躍することは非常に困難であるということが見て取れる。

しかしながら、表1のように男子長距離種目の世界記録と日本記録を比較してみると、5000mや10000mといったトラック種目では、それぞれ35秒85と1分17秒56といった大きなタイム差があるにもかかわらず、トラックの倍以上の距離を走るハーフマラソンやフルマラソンではそれぞれ1分52秒と1分50秒に留まっている。トラック種目での30秒～1分以上の差はどうしようもないが、ロード種目でのこのタイム差はある意味挽回可能であると考えられるのではないだろうか。

実際に、昨夏に開催された大阪世界選手権など、国際主要競技会のトラック種目の多くはアフリカ勢に席卷され、日本代表選手は予選通過もままならない状況である。それに対し、マラソンにおいては2003年のパリ世界選手権から2007年の大阪世界選手権まで、3大会連続団体優勝を果たすなど、「世界と戦える」という若干の可能性をうかがえる状況であった。

【マラソンと駅伝】

日本男子マラソンが前述したような状況である一方で、かねてからの検討事項でもある「駅伝とマラソンの関

表1. 長距離種目の世界記録と日本記録、およびそのタイム差

種目	5000m	10000m	ハーフマラソン	30km	マラソン
世界記録	12分37秒35	26分17秒53	58分33秒	1時間28分00秒	2時間04分26秒
アジア記録	12分51秒98	26分38秒76	60分30秒	1時間28分00秒	2時間06分16秒
日本記録	13分13秒20	27分35秒09	60分30秒	1時間28分00秒	2時間06分16秒
世界との差	35秒85	1分17秒56	1分57秒	—	1分50秒

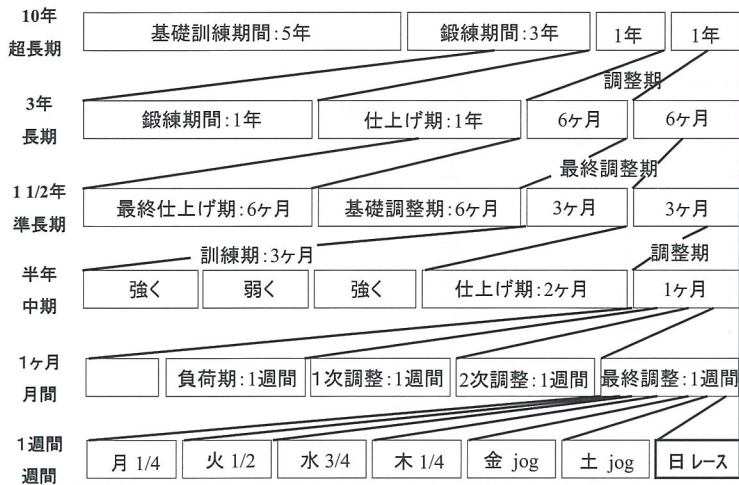


図1. 超長期トレーニング計画（高橋によるマラソントレーニング計画）

係」についても触れておく必要がある。

近年、日本国内においては9月から1月にかけて、祝日のテレビのスポーツ番組では「駅伝」が数多く放映されている。なかでも男子学生駅伝の人气が高く、特に新春に開催される「箱根駅伝」は平均視聴率が20%近く、1月2・3両日の沿道の観衆が十数万人に及ぶと言われる国民的一大イベントとして認識されているといっても過言ではない。

また、そもそもの「箱根駅伝」は、1912年の第5回ストックホルムオリンピックのマラソンに日本人として初めて出場した金栗四三氏が「オリンピックで日本を強くするには長距離・マラソンの選手を養成することだ。では、マラソン走者を一度にたくさん作るにはどうすればよいか」と思案したことがきっかけとなり、1920年2月に第1回大会が開催されて以来、27名のオリンピックマラソン代表選手を輩出して今日（2008年8月30日現在）に至っているのである。

ところが、前述の箱根駅伝を筆頭に、（かつては長距離・マラソン選手の育成・強化を意図した）男子学生駅伝がこれほどまでに隆盛であるにもかかわらず、日本男子マラソンの国際競技力が停滞状況を打破できないのは

なぜだろうか。

〔日本男子マラソン界の変遷〕

トレーニング：日本のマラソントレーニングは、古くは前出の金栗氏の時代から駅伝・持久走を中心とした内容のものが行われていた。そこに、1960年代ごろからリディアード方式やマトヴェイエフらによる期分け理論などが導入され、マラソントレーニングの基礎が構築された。さらには、その後各年代の主要な選手とそのコーチらによる創意工夫・アレンジが加わり、現在のマラソントレーニングに至っていることは周知の事実である。

具体例を図1に示す。図1は、高橋による君原選手のメキシコオリンピック（1968年）へ向けた、超長期トレーニング計画である。高橋は「マラソン選手の強化・育成には超長期的な計画が必要である」として、10年あまりにわたって君原選手とトレーニングに取り組み、レースでは見事メダルを獲得した。

これらリディアードやマトヴェイエフの理論（目標レースから逆算して、トレーニングの期分けとトレーニングの目的を明確にすること）は、マラソントレーニングについて検討するうえで根幹となるもので、今日すべての選手・コーチがトレーニングにおいて実践しているものと思われる。したがって、トレーニングの内容そのものに問題・課題があるとは考えにくい。

競技力：図2・3に1975年～2007年までの、記録から見た日本男子マラソンの競技力の推移を示した。図2は日本ランキング10傑の推移であるが、図中の曲線のように全体的には競技力の上昇傾向を示しながらも（1980年代後半と1990年代後半に2つのピークが見られる）、1990年あたりと2000年以降は下降傾向を示している。また、サブ10ランナーの推移を示した図3においても同様の傾向（特に2006年以降の減少が激しい）が見られることから、今後このような傾向が続いた場合、日本男子マラソン界のさらなる低迷が危惧されるのである。

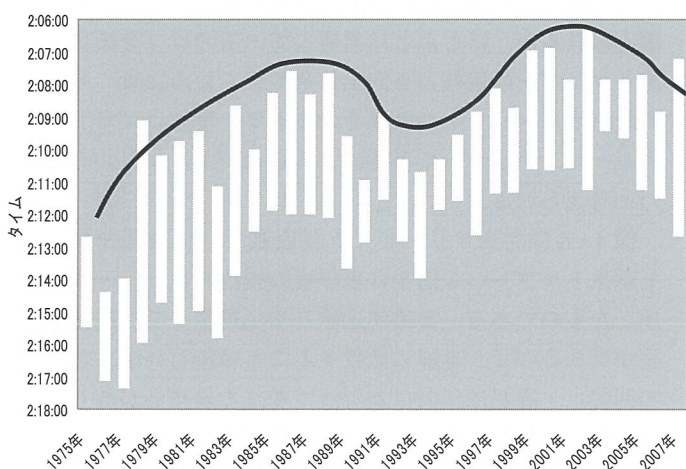


図2. マラソン 日本ランキング10傑の推移

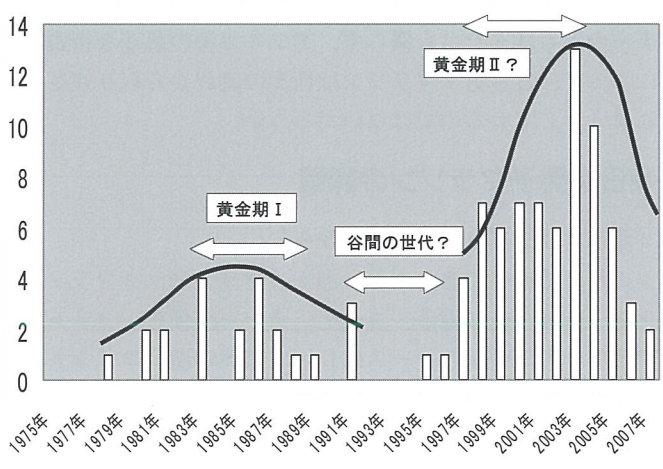


図3. サブ10ランナーの推移

月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
試合・合宿・その他	記録会（テストレース） 春期サーキット（複数試合） 関東インカレ（複数種目） 日本インカレ（複数種目） 日本選手権 前期試験					⇔ 合宿（延べ1ヶ月程度）	出雲全日本大学選抜駅伝 長距離記録会 全日本大学駅伝	⇔ 強化期間（短期合宿など）	箱根駅伝 調整期間		ロードレース（ハーフなど） 後期試験	⇔ 合宿
期分け	準備	試合		移行	準備		試合	準備	試合	移行	準備	

図4. 関東トップレベル学生長距離選手の年間スケジュール例

月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
試合・合宿・その他	選考レース①（大阪）	トレックレース		駅伝レース	選考レース②（福岡）	駅伝レース	選考レース③（東京）	選考レース④（びわ湖）		テストレース（トラック） プレオリンピック		テストレース（ロード） 最終調整	北京オリンピック
期分け	⇔ (選考レースによって異なる)						準備	移行 試合	準備	準備	準備	試合	

図5. 北京オリンピック代表選手の年間スケジュール例

実際に、1980年代には瀬古選手や中山選手を筆頭として、記録的には2時間8分台でも国際レベルのレースで勝つことのできる選手が存在したが、その後（2000年前後）記録的には2時間6・7分台が出、サブ10ランナーの数も増えたにも関わらず、アフリカ勢の急速な台頭によって、日本男子マラソンは世界の流れから取り残されようとしているのではないだろうか。

◆日本男子マラソンの課題

〔北京オリンピックへの反響から〕

これまで述べてきたことに加え、オリンピックマラソンレース終了後、選手・コーチ、チーム関係者、マスメディアから、今回のレースについての興味深いコメント・反響があったので以下に紹介する。

「世界の流れからの遅れ：スピード強化の重要性」「世代交代の遅れ」「調整ミス・疲労」「トレーニングの流れの再確認：テストレース、駅伝の弊害（金メダル獲得選

手の駅伝をやらないチームへの移籍発言)など」「ナショナルチームとしての行動」

これらのコメント・反響からは、強化委員会の今後の対応に関するであろういくつかのキーワード・ポイントが読み取れるが、ほとんどに共通しているのは「今後日本男子マラソンの競技力を向上させていくためには、今回の北京オリンピックの結果をふまえて、早急にマラソントレーニングについて再検討する必要がある」ということだと考えられる。

図4・5は北京オリンピック代表選手（実業団所属）と学生トップレベル選手の単年度の競技スケジュールを示したものである。実業団選手と学生選手とでは競技環境が異なるので、単純に比較することは難しいが、共通の問題点・課題は年間にわたって多くの競技会があり、特に駅伝に対しての所属チームの取組方針によっては、一概に個人種目（マラソン）を最優先できない状況に置かれているのではないかと（種目の偏重）と、

オリンピック代表選手ではどの選考レース（大阪世界陸上，福岡，東京，びわ湖の4レース）を選択するのか（代表に選ばれるのか）によって，また学生選手では出場レースの絞り込み（レースの取捨選択・ランク付け，トラックレースと駅伝レースの兼ね合いなど）の状況（レース出場過多の危険性）によって，最高目標レースへ向けて十分な準備期間が設定できなくなることが想定されるということである．特に，学生選手においてはこの傾向が強く，例えば箱根駅伝へ向けた1年単位（単年度）のトレーニングは成功しても，その後を見通した長期的なビジョンが欠如しているケースが見受けられる．

〔U-23 プロジェクト〕

2007 年，強化委員会（河野匡マラソン部長）が中心となり，長距離選手対象の強化・育成プロジェクトである「U-23 プロジェクト」が発足した。このプロジェクトの狙いは，2009 年ベルリン・2011 年世界選手権および 2012 年ロンドンオリンピックなどを含む，今後の国際主要大会での活躍を念頭に，また 10 年後・20 年後の長距離・マラソン界を見据えて，選手層のギャップの解消や選手・コーチの意識改革などを行い，これまでこの年齢層で行われてきた選手・チーム単位の強化・育成に対して，チームの枠を越えて長期的に組織レベルで取り組むことである。

このプロジェクトの対象がU-23とされたことの意味を裏付けする資料がある。2006年、国際主要大会(1984～2006年、オリンピック・世界選手権・アジア競技会)男子マラソン日本代表選手35名を対象に、競技歴に関するアンケート調査を行ったところ、初マラソンは23.4歳(マラソン練習の開始は23.3歳)、マラソン初日本代表は27.2歳であり、その中の15名についてさらに調査した結果、マラソン競技歴は約10年で、その間に10～15レース程度に出場していた。

言い換えると、日本代表選手の競技歴は23～32歳の10年間（10～15レース）で、27歳以降の6年間（6～8レース）で主要国際大会にチャレンジしていたということになる。つまり、前述のように23歳からマラソンを本格的に始め、さらにマラソン選手として大成するためには、それ以前（U-23）の準備状況が非常に重要であることが示されたものだと考えられる。

また、同アンケートで各年代の競技レベルを調査したところ、中学では都道府県レベルが45%と最も多く、全国レベルは30%であるが、高校では80%、大学・社会人（19～22歳）では95%が全国レベルで活躍しており、代表レベルのマラソン選手は突然出現することはほとんどなく、すでに高校で全国レベルの選手が経年的にマラソンへ移行している（強化対象として容易に選抜できる）ことが示された。このことから、U-23を対象

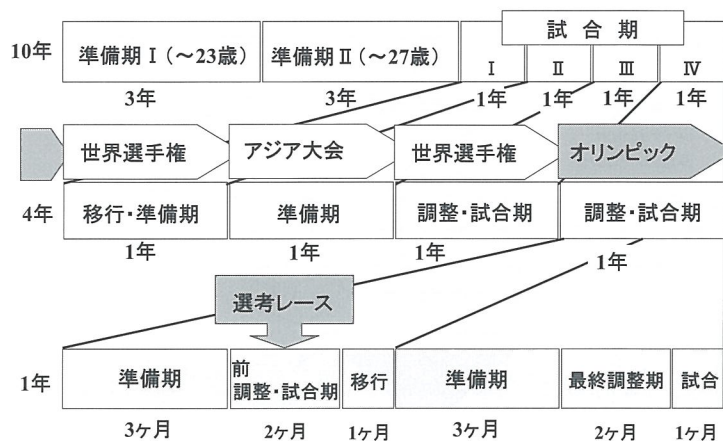


図6. マラソン中・長期トレーニング計画モデル

とすることの重要性とその根拠がうかがえる.

したがって、今後に控える 2009 年ベルリン以降の世界選手権および 2012 年ロンドン以降のオリンピックに向けては、以下の年代（主要大会開催年－初代表年齢 27 歳＝選手の誕生年→現在の年齢）が強化の対象となることが考えられる。

- ・世界選手権
 - 2009-27=1982 (26)
 - 2011-27=1984 (24)
 - 2013-27=1986 (22)
 - 2015-27=1988 (20)
 - 2017-27=1990 (18)
- ・オリンピック
 - 2012-27=1985 (23)
 - 2016-27=1989 (19)

* () は選手の現在の年齢

〔中・長期トレーニングプランの提案〕

図6は、図1（高橋による超長期マラソントレーニング計画）を基に私見を加えて考案した、オリンピックを最高目標とする中長期（4年・10年）トレーニング計画モデルである。マラソン選手の強化・育成を10年のスパンでとらえ、23歳までの3年間を準備期Ⅰ（有望な長距離選手を選抜して、トラックレースを中心に基礎強化を行う）、次の27歳までの3年間を準備期Ⅱ（テストレースなどを含む専門強化を行う）、その後の4年間を試合期（日本代表となり、主要国際大会で結果を出す）とした。現行と大きく異なるのは、代表選考レースを本番の7ヶ月以上前に1本で行う（選考レースの一本化）という点である。最高目標試合の前年のレースの取り扱いなど整理すべき課題は多いが、十分な準備期を確保するためには今後とも検討を続けていく必要があると考える。

「日本男子マラソン界への提言」

昨年の長距離・マラソン選手・指導者研修会およびU-23 研修会において、次の2つの示唆があった。1つは「これまで、長距離・マラソントレーニングにおいては様々なトレーニングの考案と内容の検討が行われ、競技

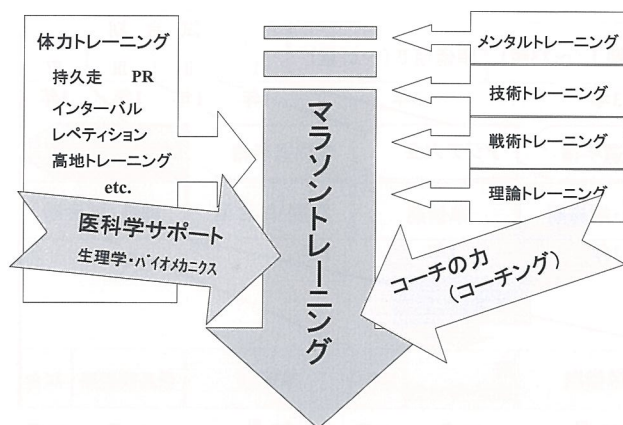


図 7. マラソントレーニングモデル図

力向上に貢献してきた。近年、そこに医科学のサポートが加わり、今後のさらなる向上のためにはコーチの力量（コーチング能力）が重要なポイントとなる。（澤木専務理事，図 7）」であり，もう 1 つは「一朝一夕にアフリカ勢に追いつくことは難しいが，今我々ができることは，たとえ 1 秒でも毎年自己記録を更新し続けることである。（河野マラソン部長）」というものである。

これらの貴重な示唆を踏まえ，さらにこれまで述べてきたことを総括して，提言という形で論を締めくくりたい。

まず，日本男子マラソン再建のためには，チームや所属団体の枠を越えて，中長期視点から競技力向上について検討し，明確な目標を持ったトレーニング計画を構築することが必要不可欠である。そのためには，以下の事項に対する抜本的な見直しを行い，かつ早急に取り組んでいかなければならない。

- ①ナショナルチーム編成の検討
- ②競技スケジュールの改編
- ③代表選考方法の再考
- ④トレーニング内容の再考
- ⑤コーチ力の強化・充実

最後に，これらの改革を実現するためには，一競技団体の努力だけではなく，国家レベルのサポートが必須であることを申し添える。

《シンポジウム I パネリストプロフィール》

渋谷 俊浩（しぶたに としひろ）

1962 年生まれ

現 職：びわこ成蹊スポーツ大学 競技スポーツ学科
教授

学 歴：体育学修士

研究分野：コーチ学，陸上競技（中長距離・マラソン）

【「体力トレーニング再考」を振り返って】

コーディネーター 小木曾 一之（皇學館大学）

題目：シンポジウムⅡ

シンポジウムⅡ「体力トレーニング再考」では、日本陸上競技連盟強化副委員長である筑波大学の尾縣貢先生、日本陸上競技連盟強化委員会選手強化部テクニカルおよび科学委員会委員の森丘保典先生から、トレーニング現場と研究現場とを密接に絡めた形で、現在のトレーニングにおける問題点と今後修正すべき点について、貴重なお話を伺うことが出来た。

尾縣先生は、トレーニング構成においても、身体の使い方においても、ある特定な一部分だけを強化したり、着目したりするのではなく、全体的な側面からの取り組みが必要であることを述べられた。特に、日本が世界に（実力で）対抗できる数少ない種目である長距離走に関するデータは大変興味深いものであった。先生が示されたようにイギリスのセバスチャン・コーさんが行っていたマルチティアトレーニングを元に、3000 m 障害の日本記録保持者である岩水さんのジャンプ力と 3000 m 障害のパフォーマンスの推移（向上）をみると、如何に全面的なトレーニングが重要であるのかが理解できる。実際、黒人エリートランナーにみられるより高いパフォーマンスは、より大きな $\dot{V}O_{2max}$ を持つことではなく、より高い $\dot{V}O_2$ レベルで効率良く走ることに依存すること（Larsen, 2003；Lucia et al., 2006）、プライオメトリッ

クトレーニングは、レジスタンストレーニング（Jung 2003）や高強度トレーニング（Smith et al. 2003；Midgley et al. 2006）と同様に、そのランニング効率を向上させ、長距離走のパフォーマンスを向上させること（Spurrs 2003；Turner et al. 2003；Saunders et al. 2006）などといった報告もなされている。

加えて、尾縣先生は、そのようなトレーニング内容だけでなく、「何を大切に、何を狙うべきか」といった世界を見据えたトレーニングに対する姿勢についても言及された。残念ながら、国内の長距離種目では、駅伝競技の人气が高く、トラックレースがないがしろにされる傾向も見られる。先生が述べられたように、より高いレベルに挑んでいくためには、国内ばかりに目を向けるのではなく、世界を見据えたトラックレース等への積極的な取り組みが不可欠であろう。

森丘先生は、最近まで、「乳酸」が高強度運動に伴う疲労物質と考えられ、パフォーマンス向上にとって悪玉と捉えられてきたことに対する反証を元に、トレーニングにおける問題点を指摘された。その中で、①疾走能力の向上は必ずしも血中乳酸濃度の低下によるものではないこと、②パワー系中心のトレーニングでも持続的能力の維持・向上を図ることが可能であること、などを示され、トレーニングにより「乳酸を多く出す能力とそれを多く使う（消去する）能力」を高めることが重要である

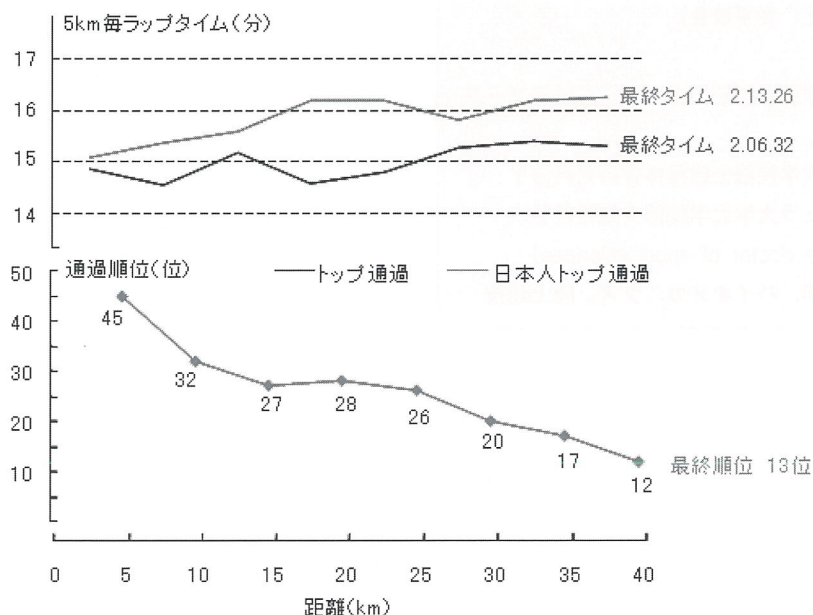


図1 第29回オリンピック大会（北京，2008）での男子マラソンにおける日本人選手のラップタイムと通過順位

と述べられた。そのためには、長距離種目であっても、一般的に言われている持久的なトレーニングのみではなく、高強度のトレーニングや意識・感覚を大切にしたいトレーニングを疎かにすべきではないことも指摘された。先生のこのような指摘は、我々が昔から当然のごとく教えられ、あるいは経験してきた「常識」などの「思い込み」を、研究結果やトレーニング中の感覚などに基づいて、変化させ、発展させていく必要性を示している。

さて、図1には、昨年行われた第29回オリンピック大会における男子マラソンのラップタイムと順位のデータが示されている。

「日本国民の期待を一身に背負うマラソンで好成績を上げるためにはどうすればよいのか？」

尾縣先生と森丘先生の発表は、そのヒントを与えてくれるに違いない。両先生は、「トレーニング再考」というテーマに対する切り口は異なっていたものの、トレーニングに対して、①トレーニングの内容やそのプロセスは異なったとしても、その中には多面的な取り組みを含むこと、②精神的な土台を基に、どのような狙いを持って、どのようなトレーニングをすべきかをしっかりと見極めること、そして③そのようなトレーニングを支える周囲の適切な対応（姿勢）が重要であること、について共に指摘されていたように思う。

読者の方々は先生方の発表をお聞きになってどのように感じられたのだろうか？本誌には、尾縣先生、森丘先生によるシンポジウムに関するより詳細な論文が掲載されている。是非、今年のシンポジウムを思い出しながら熟読してもらい、今後のトレーニングの参考にして頂ければ幸いである。

《シンポジウムIIコーディネータープロフィール》

小木曾 一之（おぎそ かずゆき）

1966年生まれ

現 職：皇學館大学教育学部スポーツ健康科学コース
准教授

学 歴：筑波大学大学院修士課程体育研究科修了
ユバスキュラ大学大学院博士課程終了
ph.D (The doctor of sport sciences)

研究分野：応用生理学、バイオメカニクス、陸上競技

【全面性・専門性の原理を再考する】

パネリスト 尾縣 貢（筑波大学大学院 人間総合科学研究科）

わが国のスポーツ界全体に共通する問題の一つとして早期専門化があげられる。まだ心身が十分に発育していないにもかかわらず、過ぎる強度の負荷を与え、スポーツ障害や焼け切れ現象を招き、将来性ある子供たちの芽を摘み取ってしまっているのである。発育発達の段階にある子供たちのトレーニングにおいては、早期に専門化することなく、全面性の原理を重視し、調整力（神経系体力）の発達の促進を最重要課題としつつ、様々な体力要因をオールラウンドに高めることを目指さなければならない。

全面性の原理は、子供だけに該当するものではなく、トップアスリートを強化するうえでも常に重視しなければならない。特に我が国のマラソン・長距離ランナーは、トレーニングに偏りが見受けられ、それがスポーツ障害に結びついているように思える。競技レベルが高まるにつれて、トレーニングには専門性が要求されるのであるが、全面性の原理も決して軽視をしてはいけない。

ここでは、主としてトレーニングにおける全面性の原理について述べていく。

1. 「心・技・体」それぞれのつながり

トレーニングの全面性を広義にとらえた場合には、心（精神）、技（技術）、体（体力）の3つの要因をバランスよく高めていくことも含む。これら3つの要因の重要度は、スポーツ種目や競技レベル、年齢などによっても異なっていく。おそらく十分なトレーニングを積み、体力や技術が高いレベルにあるトップアスリートにおいては、大舞台で力を発揮するために心の重要度が増すであろう。図1は、私が考える心、技、体の関連を示す模式図である。この図は、体力と技術が高いレベルにあった

としても、それらを支えている精神が不安定であれば、有する技術や体力を発揮することができないことを示している。

日本選手も精神面の弱さを示すことがある。'07大阪世界陸上や'08北京オリンピックでは、緊張が適正な範囲を超え、

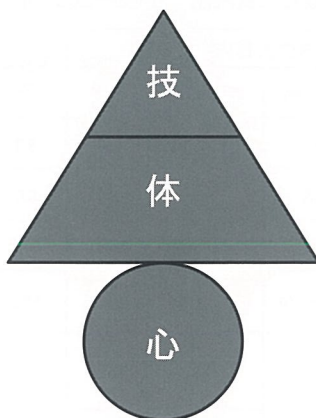


図1 心技体の関係

体調の不良を訴えたり、動きに変調をきたし、実力を発揮できない者が多数見受けられた。

このような心技体の関連性は、平均台を歩く人を例に説明ができる。幅10cmの平均台、これが10cm、1m、5mの3種類の高さに設定されていたとする。10cmの高さでは何の不安も感じずスムーズに歩くことができるが、1mの高さになると、多くの者は少し不安を覚え筋肉には余分な力が入り、歩きがぎこちなくなる。5mになると、同じ10cmの幅であっても、恐怖を感じ、ほとんどの者の脚がすくんでしまい歩くことさえできないであろう。この時、生体内では歩行運動の主働筋、拮抗筋の収縮のタイミング、力発揮の大きさなどにおける乱れを生じていることが予想される。

平均台の高さを認知し、いろいろな変調を導いているのは全て自分の脳である。心を鍛えること、それはすなわち脳をトレーニングすることにはほかならない。では、どのような精神状態になれば、良いのであろうか。坂入（2008）は、いくら緊張をしていますが、緊張している自分を客観的に眺めることができる「もう一人の自分」を置ける者は、緊張が原因で失敗することは少ないと指摘している。そして、このように競技を行っている自分を冷静に客観視することができるようにすることを目指しているのが瞑想であるという。瞑想を取り入れているヨガ、座禅などの東洋の伝統的な精神鍛練法にも競技者を強くする鍵があるのではないだろうか。

2. 目的に応じたトレーニングの種類や条件の設定

続いて、体力に焦点を当てて、全面性の原理の重要性について考えてみよう。まずは、体力トレーニングを考える上で、理解しておくべき共通認識がある。それは、強度、継続時間（反復回数）、トレーニング頻度などの条件を変えることにより、生体の反応が確実に異なるということである。これは、トレーニングは条件を変えることにより、トレーニング効果に変化することを意味する。

ここでは長距離走やマラソンを中心にトレーニングの全面性について述べていく。長距離走のトレーニングには、スピード、時間、走る地形などが異なる多くの方法・手段がある。レペティション、インターバル、LSD、ファルトレイク、クロスカントリーなどを例としてあげることができるが、それぞれが持つ生体へ与えるトレーニング刺激が異なるからである。この当たり前の事実を尊重する

高橋尚子

血

2時間19分46秒（2001年）

呼吸循環器

<キーワード>

- ・スタミナ
- ・高地トレーニング

P. ラドクリフ

肉

2時間15分25秒（2003年）

筋肉

<キーワード>

- ・クロスカントリー
- ・スピード
- ・筋力トレーニング

図2 高橋尚子とP. ラドクリフの比較

だけで、トレーニング目標に応じたトレーニングを的確に構成することができる。すなわち、トレーニングを専門性の高いものにするのか、あるいは全面性の高いものにするのかも操作することができるのである。

このような考えを持って、長期戦略を練り、トレーニングを構築していけば、アスリートを実践に変えることができる。図2は、女子マラソン世界記録保持者のポーラ・ラドクリフ（イギリス）とシドニーオリンピックの女子マラソン優勝の高橋尚子の特徴をキーワードで表したものである。両者には、形態の違いなどの先天的な要因に差異はあるが、多くの部分はトレーニングにより形作られてきたものである。ラドクリフは、ジュニア期ではクロスカントリーに積極的に取り組むことにより、呼吸循環器への強弱のある刺激を与え、緩衝能を高めてきたものと考えられる。また上り坂では大殿筋、ハムストリングスなどの股関節周辺の筋群を鍛え、下り坂では大腿前面などのエキセントリックな筋収縮力を高め、スプリントに必要な筋を強化したものと推測できる。これに加え、筋力トレーニングにも積極的に取り組み、筋力強化を図ってきた。このようなトレーニング刺激がトラックレースでのスピードを高めることにつながったと言える。実に、10000mのベストタイムは、30分01秒09で、世界歴代4位に該当する。そして、高地トレーニングも取り入れ、有酸素運動能力も改善してきた。

一方、高橋は、大学時代は中距離走も走ってきたが、社会人になってからは徹底的な高地トレーニングにより呼吸・循環器の改善に重点を置き、マラソンを走りきるスタミナを改善してきた。しかし、高地では低圧低酸素状態であり、高強度の運動を行うことが困難なため高いスピードで走ることが困難になる。その結果として、走動作が小さくなり、必然的に高いスピードのランニング中に働く筋群の動員の度合いが低くなる。そのため高地トレーニングばかりを長く行っているうちに高いスピードに対応できなくなる危険性も生じてくる。日本放送協会の山本浩解説員は、この2名の偉大なマラソンラ

ンナーを取り上げた番組に、「血」と「肉」というタイトルをつけた。「血」と「肉」という言葉は、それぞれの名ランナーの特徴を的確に表現している。このように戦略的な長期トレーニングにより、競技者は変わっていくので、コーチのトレーニング目標やトレーニング方針の決定、そしてトレーニング課題の設定と具体的なトレーニング計画の作成は極めて重要なのである。

3. 長距離走やマラソンにおけるトレーニング

国内の長距離走・マラソンにおいても、指導者の考え方によって、トレーニング内容、レース戦術、そして育ってくるランナーのタイプが異なってくることが多い。表1は、2006年～2007年の箱根駅伝の上位3校の日本インカレの中距離走種目（1500m）、長距離走種目（5000m、10000m、3000mSC）への出場状況および入賞率を示している。ここで典型的な2校を取り上げて比較を試みる。2007年度優勝のJ大学は、出場率は91.7%、入賞率は50%であり、トラックでスピードを養成し、駅伝に取り組むという方針を持っていることが読み取れる。2006年度優勝のA大学は、出場率8.3%、入賞率は8.3%であり、箱根駅伝時のペース配分も合わせて考えると、可能な限りペースの変動を小さくし、確実に20km以上の距離を走り切るレース戦術を用いているように感じられた。

駅伝のための戦略としては、どちらが優れているか判断はできないが、国際大会でのレースを考えた場合には、スピードに優れていること、スピードの変化に対応できることが必須の能力になってくるため、学生の間に積極的にトラックレースにも取り組むことが勧められる。

続いて、我が国の長距離・マラソンランナーの手本となりそうなトレーニングの考え方をあげてみよう。図3は、800m、1000m、1500m、マイルで何度にもわたり世界記録をマークした歴史的なランナーであるセバスチャン・コー（イギリス）の現役時代のトレーニング構成を簡潔に示した図である（尾縣，2003）。彼は、7つの輪で示された領域のトレーニングを1年間通して、重

表1 箱根駅伝上位3校の日本インカレ出場者数と入賞内訳 2006～2007年

年	箱根駅伝 上位3校	日本IC 開催日	日本インカレ出場者数と8位入賞内訳				出場率 (%)	入賞率 (%)
			1500m	5000m	10000m	3000mSC		
2006	A大学	7/1-3	—	—	—	1名/3位	8.3	8.3
	YG大学		—	—	1名	—	8.3	0.0
	N大学		—	3名/1位	2名	1名/4位	50.0	16.7
2007	J大学	6/9-11	3名/1,2位	3名/6位	2名/6位	3名/1,6位	91.7	50.0
	N大学		1名/3位	1名	2名/3位	1名	41.7	16.7
	T大学		2名/8位	3名/2位	3名/6位	1名	75.0	25.0

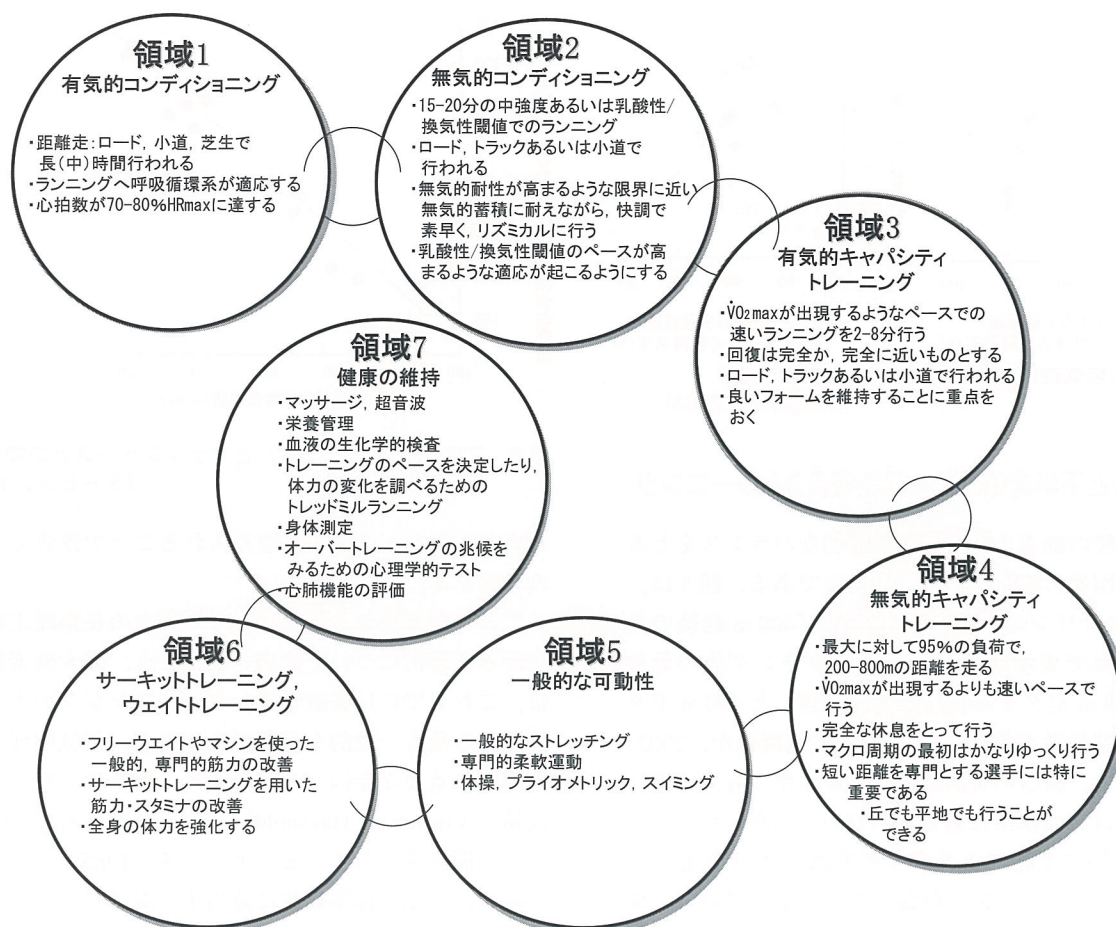


図3 トレーニングの7領域 (仲村・澤木, 2006)

要度(強調度)を変えて全て実施していた。輪のうちの4つがスピードと継続時間の異なるランニングである。これら4種類を全て行うことにより、スピード、スピード持続力、スタミナなどを全面的に高めていったのである。他の3つの輪は、筋力トレーニング、プライオメトリックス、サーキットトレーニング、スイミング、ストレッチングなどを含んでおり、総合的に体力の向上を図ったことがわかる。このトレーニング法はマルチティアトレーニングと呼ばれており、コーの強さの秘訣であったと解釈できる。コーの例のように、いろいろな刺激を身体にまんべんなく与えることが、バランスのとれた負荷になり、競技力向上につながっただけでなく、スポーツ障害の発生を予防したのであろう。これは、全面性の原理を尊重した中・長距離ランナー育成の成功例である。

国内でも長距離ランナーでありながら、脚力やジャンプ力(プライオメトリック能力)を重視している例がある。図4は、3000 m 障害で日本記録保持者である岩水嘉孝の大学の4年間のコントロールテストの結果である(仲村・澤木, 2006)。このデータからは、ジャンプ力の推移と3000 m 障害の記録の変遷とが近似していることがわかる。長距離走、特に3000 m 障害にはスピード持続力だけではなく、ジャンプ力や脚筋力が必要であるという考えをもった実践であろう。また、アテネオリンピックの女子マラソンで優勝した野口みずきは、積極的にウエイトトレーニングを取り入れている日本の女子選手の中では極めて稀な存在である。

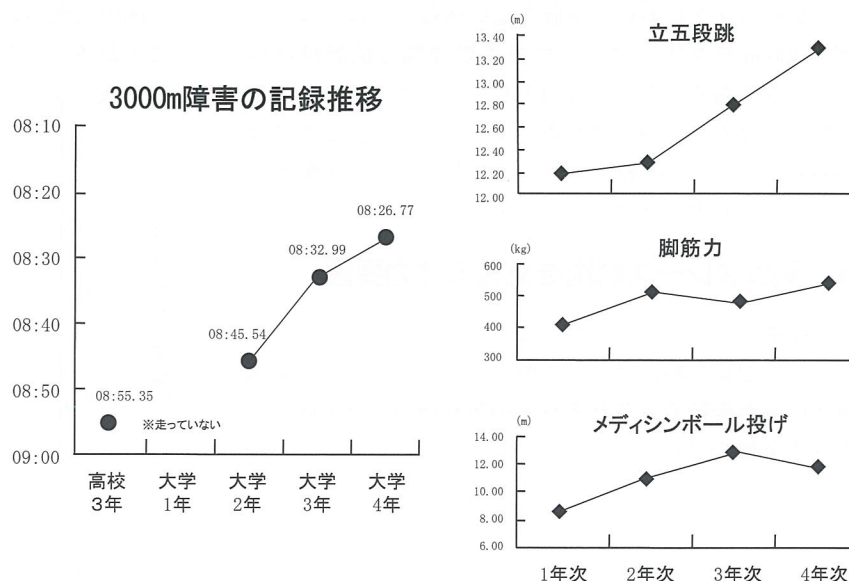


図4 岩水嘉孝 3000 m の記録と体力の推移 (仲村, 澤木, 2006)

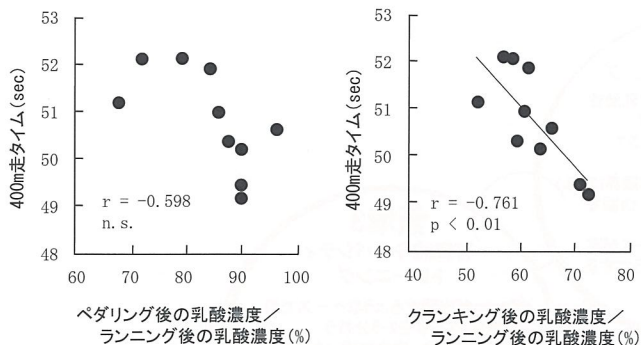


図5 上肢の無氣的作業能が400m走に及ぼす影響
(尾縣ほか, 2003)

4. 上半身と下半身のバランスを考えたトレーニング

上肢と下肢の動きや筋力などの適切なバランスをとることも、全面性の原則に合致することである。図5は、30秒間のベダリング後の最高乳酸値/400m走後の最高乳酸値(%で表示)、30秒間のクラッキング後の最高乳酸値/400m走タイム後の最高乳酸値と400m走タイムとの相関係数を示したものである(尾縣ほか, 2003)。これによると、後者の相関係数は1%水準で有意であり、前者の関係は有意水準に達していないことが分かる。これは、相対的に上肢でより多くの乳酸を出せるものは400m走のパフォーマンスが高いことを示している。すなわち、上肢が強い無氣的な運動負荷に耐えうることが、400m走にとっては重要な体力的要因であると解釈できる。腕振りの役割は、“脚とのバランスをとる”“キック力を強くする”などとすると、上肢の無氣的作業能が低いランナーは、400m走後半で腕振り動作が変容し、上半身と下半身の動きのバランスが崩れてしまいスピードの低下につながるものと推察できる。また、400m走後半で脚が疲れていないのに、脳が腕の筋疲労を感知してしまい、それを全身の疲労と解釈して、セントラルコマンドにより出力のレベルを落してしまうことも考えられる。

トレーニングにおいて下肢を追い込むことは、ほとんどの400mランナーにおいて最重要課題と位置付けられているであろうが、上肢のトレーニングへの取り組みに関しては大きな個人差があるように思える。ここでは400m走を例にとりあげたが、この考え方は長距離走やマラソンにも当てはまることだと言える。

5. 多様なレース戦術を支える体力要因

長距離走やマラソンにおいて、多様なレースパターンに応じて走るためには、最大酸素摂取量や無氣的作業域値といった変数で示される有氣的運動能力だけではなく、無氣的運動能力も高いレベルで要求される。すなわち無気・有氣的なエネルギー産出の両方の能力を高めていかないとスピード変化の大きな国際大会でのレースには対応できないのである。この2つの能力を同時に改善していくことは、図3で示したマルチティアトレーニングの

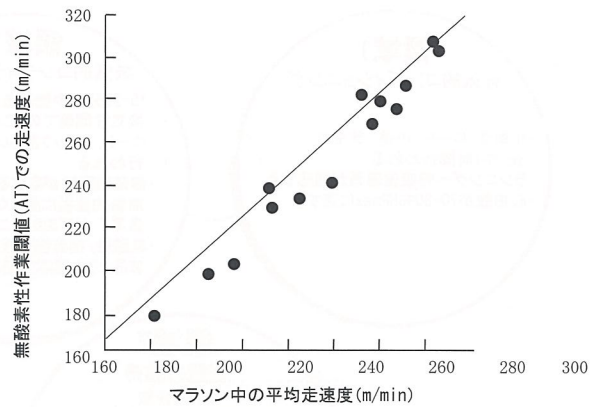


図6 無氣的作業閾値(AT)とマラソンペースとの関係
(デービス, 1985)

考え方をトレーニングに取り入れることで達成できるものと考ええる。

ここで有氣のおよび無氣的運動能力の長距離走種目における重要性について整理していこう。最大酸素摂取量は、これまでは長距離ランナーのエンジンの大きさを推測する最も一般的な変数であったが、無氣的作業閾値も同等に重要な要因と考えられる。図6は、無氣的作業閾値(Anaerobic Threshold)とマラソン中の平均スピードとの関係を示している(デービス, 1985)。このグラフからは、無氣的作業閾値に該当する走スピードがほぼマラソンレースの平均スピードに一致することがわかる。すなわち、この閾値を高めていくことがマラソンのレースペースを上げることにつながるのである。一方、閾値に該当するスピードを大きく上回るようなペースで走ると、乳酸濃度が高まり蓄積する水素イオンにより代謝性のアシドーシスに陥り、一気にペースダウンしてしまう。

ここで取り上げた無氣的作業閾値に該当するスピードを維持してマラソンを走り続けることが良いタイムをマークする上では重要であることは言わずとも知っている。しかしながら、オリンピック大会や世界選手大会といった国際大会のレースでは目まぐるしくペースが変化することが多い。先述のように無氣的作業閾値を超える高い

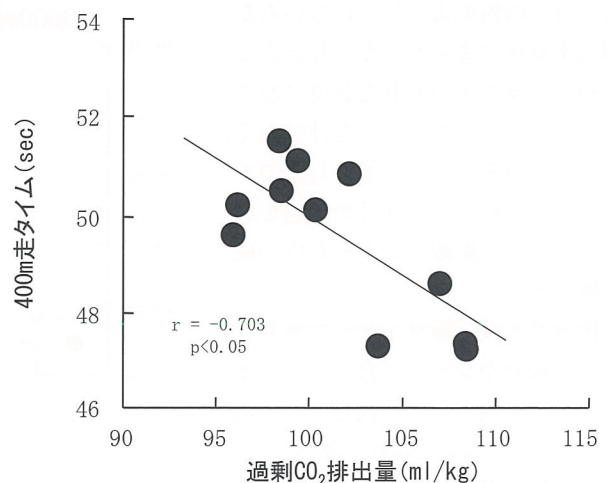
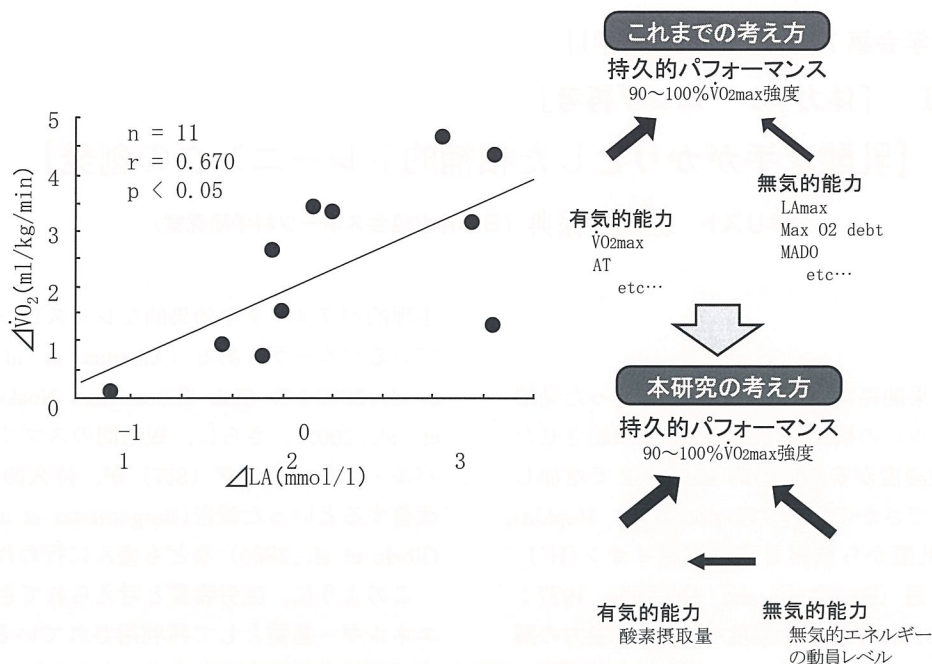


図7 過剰CO₂排出量と400m走タイムとの関係
(前村ほか, 2005)

図8 ΔLA と $\Delta \dot{V}O_2$ との関係 (佐伯ほか, 2004)

スピードでレースが展開された場合には、一気に乳酸が産出される。このようなケースでは乳酸を素早く分解しなくてはならず、そのためには緩衝能力が求められる。図7は、緩衝能を示す過剰 CO_2 排出量と400m走タイムとの関係を示している(前村ほか, 2005)。これは、緩衝能と短時間に大量の乳酸を産出する400m走との関係であり、そのまま長距離走やマラソンに当てはめることができないが、マラソンレース中の無氣的作業閾値を大きく超えた局面には当てはめる事はできる。

先述のように、短距離走にのみ要求度が高いと考えられがちな無氣的運動能力は長距離走においても要求される。図8は、6分間でオールアウトに達するランニングの後半3分間での乳酸濃度の増加と酸素摂取量の増加量との関係を示したものである(佐伯ほか, 2004)。この研究結果は、乳酸を多く産出することができるランナーは、より多くの酸素を摂取することができることを示唆している。言いかえると、高い無氣的運動能力が有氣的運動能力を引き出す役割を果たしているのである。これは長距離ランナーやマラソンランナーであっても、無氣的、有氣的の両方を高めること、すなわちエネルギー供給における全面性の原理を重視することが重要であることを意味している。

主として長距離走、マラソンを例にあげて、全面性の原理の重要性について論じてきた。他の陸上種目においても、トレーニングにおける全面性と専門性を再考することは重要であると考えられる。指導者一人ひとりが実践しているトレーニングを点検・評価をして、必要あらば修正していくことが望まれる。

文献

- デービス (1985) トレーニングの科学的基礎. 宮下充正 著. ブックハウス HD: 東京, p.72.
- 前村公彦・宮下 憲・高松 薫 (2005) 重炭酸緩衝能力と400mパフォーマンスとの関係. 陸上競技研究, 62: 10-17.
- マーティン&コー: 征矢英昭・尾縣 貢監訳 (2006) 中距離ランナーの科学的トレーニング. 大修館書店: 東京, pp.150-157. <David, E. M. and Coe, P. (1991) Better training for runners. Human Kinetics: Champaign>
- 仲村 明・澤木啓祐 (2006) 岩水嘉孝の大学時代の3000mSCへの取り組み. 陸上競技研究, 66: 45-48.
- 尾縣 貢・伊藤新太郎・高本恵美 (2003) 上肢の無氣的作業能が400m走タイムおよび走速度減速に及ぼす影響. 体育学研究, 48: 573-583.
- 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. 陸上競技研究, 59: 2-12.
- 坂入洋右 (2008) 瞑想と前頭機能—スポーツにおける心身のセルフコントローラー—. 体育の科学, 58: 115-118.

《シンポジウムIIパネリストプロフィール》

尾縣 貢 (おがた みつぎ)

1959年生まれ

現 職: 筑波大学大学院人間総合科学研究科

コーチング学専攻 准教授

筑波大学陸上競技部副部長

学 歴: 博士 (体育科学)

研究分野: コーチング, 体力トレーニング

【乳酸を手がかりとした相補的トレーニングの創発】

パネリスト 森丘 保典（日本体育協会スポーツ科学研究室）

1. はじめに

乳酸と疲労の因果関係が考えられるようになった発端は、両生類（カエル）の摘出筋を低酸素下で収縮させたときに、筋中乳酸濃度が安静時の約10倍にまで増加したという報告にまでさかのぼる（Fletcher and Hopkins, 1907）。その後、乳酸から放出される水素イオン（ H^+ ）とpH低下の関連（Furusawa and Kerridge, 1927；Margaria et al., 1933）や、乳酸濃度やpHと筋張力の関係（Karlsson and Saltin, 1970；Metzger and Moss, 1987；Westerblad and Allen, 1993）などが根拠となって、多くの運動生理学の教科書に「高強度の運動を行うと乳酸が生成され、生体内がアシドーシス（酸性）に傾くために筋疲労を生じる」と記載されるに至る。このような生理学的知見を踏まえ、「耐乳酸トレーニング」なるものが実践されると同時に、中長距離走はもとより、短距離走においても乳酸の除去や緩衝能力向上に照準された一般的な持久力を高めるトレーニングの重要性が指摘されてきた。

しかしながら、すでに80年代後半には、「乳酸（アシドーシス）＝疲労」という因果関係を反証する報告が散見されるとともに、乳酸が隣接する細胞、肝臓、腎臓、心臓といった器官へ輸送され、そこで酸化や代謝が継続するという“Lactate Shuttle”のフレームも提示されている（Brooks, 1986）。筋線維からの乳酸の放出や取り込みに関与するトランスポーター（MCT；Monocarboxylate Transporter）の存在や関与のメカニズムについても明らかになりつつあること（Bonen, 2001；Hashimoto et al., 2005）から、「乳酸＝エネルギー基質」は、もはや疑うべくもないものとなっている。

疲労の原因に関しては、クレアチンリン酸の枯渇と無気リン酸やアデノシン2リン酸（ADP）の蓄積による筋小胞体のカルシウム機能の阻害（Dutka et al., 2005；Philp et al., 2005；Steele and Duke, 2003）なども考えられている。加えて、高濃度の乳酸（アシドーシス）は、筋の興奮性を持続させ筋疲労を抑制するという、従来の教科書とは正反対の役割を果たす可能性も示唆されている（Nielsen et al., 2001；Pedersen et al., 2004）。

また、最近では、運動パフォーマンスの最終調整は、中枢（脳）が運動中に動員する運動単位数を調整することによって制御しているという「Central Governor Model（CGM）」を提唱し、末梢から中枢への信号となるべき

生理的パラメータや効果的なレース（ベース）戦略を探っているグループもある（Albertus et al., 2005；Lambert et al., 2005；St Clair Gibson and Noakes, 2004；Rauch et al., 2005）。さらに、短期間のスプリント・インターバル・トレーニング（SIT）が、持久的能力を効率よく改善するといった報告（Burgomaster et al., 2005, 2008；Gibala et al., 2006）なども盛んに行われてきている。

このように、疲労物質と考えられてきた乳酸が、実はエネルギー基質として再利用されていることや、SITによって持久的能力が効率よく高められる可能性などを勘案すれば、乳酸を利用した評価方法はもとより、トレーニングの内容やその考え方についても一考を要するのではないだろうか。

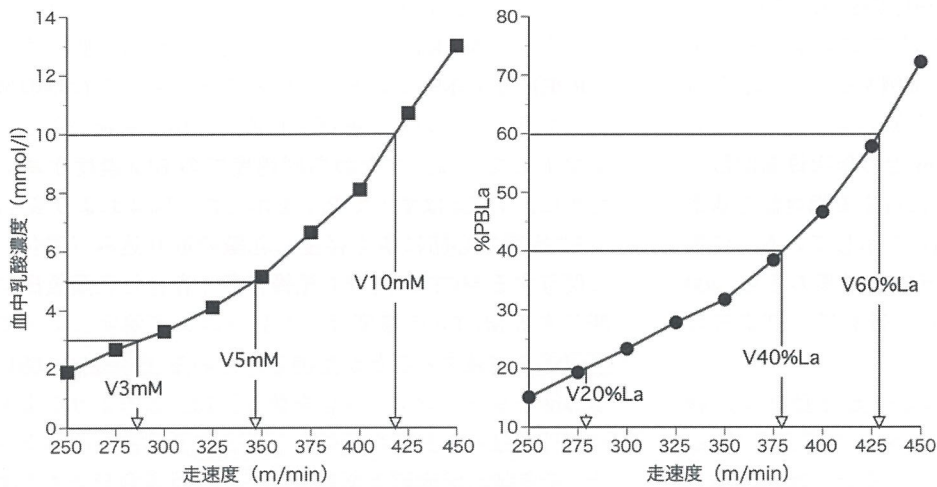
本稿では、筆者らが取り組んできた新しいスプリント能力の評価方法の開発過程および評価事例を紹介するとともに、トレーニングに関する筆者の問題意識の一端を私見として述べてみたい。

2. 血中乳酸を用いた評価方法の開発

筆者らは、Maximal Anaerobic Running Test（MART）を用いて、選手の生理的特性や血中乳酸（BLa）動態の可変性を勘案した新しい評価指標の作成を試みてきた。このテストは、20秒走行と100秒休息を繰り返しながら漸増負荷走行を行い、休息時およびオールアウト後に行うBLa測定結果と走速度の関係から評価指標（基準とするBLa濃度における推定パワーまたは走速度）を推定するものであり（図1）、すでにその信頼性や妥当性も検証されている（Maxwell et al., 1996；森丘ほか, 2003a, 2003b, 2006；Nummela et al., 1996；Rusko et al., 1993）。テスト実施方法の詳細については、上記論文を参照されたい。

2.1 個々の選手の生理的特性の相違

筆者らは、当初MART中のBLaが低いほど走効率（スプリントエコノミー）が高いという考え（Rusko et al., 1993）に基づき、BLaの絶対値を基準に算出したパワー（PALa：P3 mM, P5 mM, P10 mMなど）を評価指標として用いていた。しかし、選手の測定を進めるうちに、従来のモデルでは説明のつかない事例、すなわちPALaによる評価が困難な事例が少なからずみられるようになる。そこで、同等の400m走能力を有する短距離選手、中距離選手、十種競技選手、各4名（計12名）のBLa動態および各種指標について比較検討した（森丘ほか、



※パワーを算出する場合は、横軸が酸素需要量 (ml/kg/min) となる。

図1 V 3, 5, 10 mM (P 3, 5, 10 mM) および V 20, 40, 60% La (P 20, 40, 60 La) の算出方法

2003 a). この3群間の比較において、BLa 動態には相違がみられるとともに (図2), PALa に有意差も認められた。また、中距離選手を対象とした研究においても、同様の結果が得られている (森丘ほか, 2003 b)。

FT タイプでは解糖系酵素活性が高く乳酸産生に傾き、遅筋 (ST) タイプでは酸化能力が高く乳酸産生レベルが低いこと (Baldwin et al., 1972; Madureira et al., 1988) や、FT 線維の占める割合は、短距離、中距離、長距離選手の順に高いこと (勝田ほか, 1986) などよく知られているが、上記の結果は、同等の走能力を有する選手においても、個々の生理的特性が大きく異なること示したといえる。また、各選手の生理的特性によっては、P 3 mM や P 10 mM といった PALa が推定できない場合があるなど (森丘ほか, 2003 a, 2003 b; Vuorimaa et al., 1996), BLa の絶対値を基準に評価することの難しさも指摘されている。選手のもつ生理的特性によって乳酸の「出やすさ (作られやすさ) / 出にくさ (使われやすさ)」に差があり、トレーニングによってこの「出やすさ / 出にくさ」が変化すると考えれば、同レベルの走力を有しながらも BLa 動態が大きく異なる選手について BLa の絶対値のみで評価することには無理がある。そこで筆者らは、BLa の産生と利用という二つの要因を勘案しながら、いずれの能力の変化をも反映する評価指標として、テス

ならば、PRLa がより妥当かつ実用的であることを示したといえるだろう。

ト終了後の最高血中乳酸値 (PBLa) を基準 (100%) とする相対的な BLa 濃度 (%PBLa) 曲線から推定されたパワー (PRLa) と走能力の関係について検討した (森丘ほか, 2003 a, 2003 b)。その結果、走能力と PALa との間にみられなかった有意な相関関係が、PRLa との間に認められた (図3)。これらのことは、少なくともトレーニング処方 (負荷) の基準として用いる (Rusko et al., 1993)

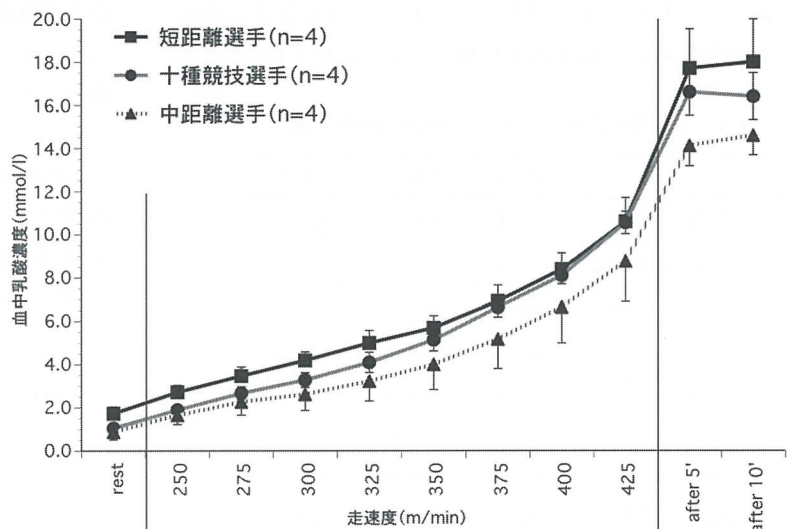


図2 MART 中の血中乳酸動態

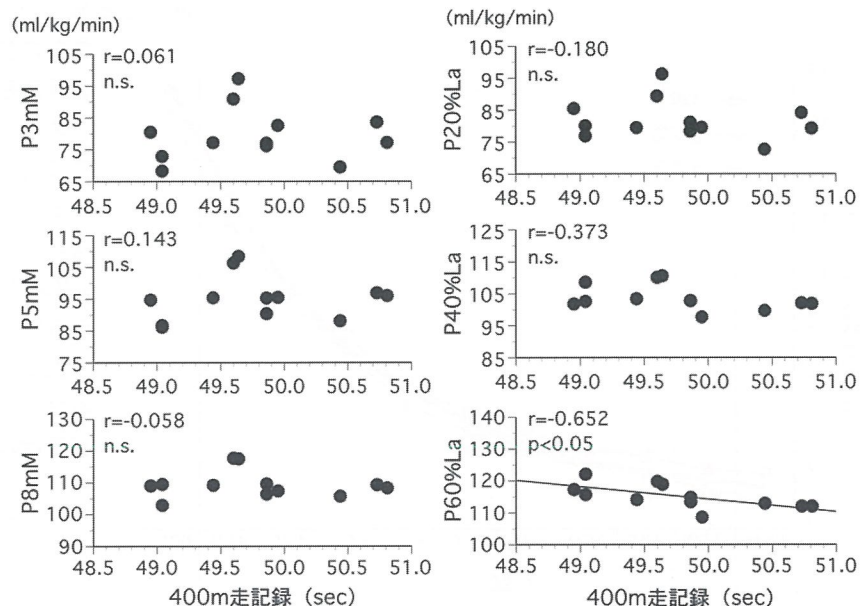


図3 400 m 走パフォーマンスと MART における各種指標との関係

2.2 走パフォーマンスと MART 指標の変化について

ここで、3年間にわたって定期的に MART の測定を行った十種競技選手 (F 選手) の事例を紹介する。図 4 は、F 選手の 3 年間にわたる BLa 動態の変化を示したものである。表 1 は、F 選手の 400 m 走の年次最高記録、PBLa、BLa の絶対値および PBLa に対する相対値を基準に算出された速度 (VALa, VRLa) を示している。各年のデータは、年間に複数回行ったテスト結果のうち、400 m 走の年次最高記録を達成した日に最も近い測定日のものを用いた。

F 選手は、1-2 年目にかけて 400 m 走記録を 0.67 秒短縮しており、MART 時のパフォーマンスである Vmax も 4.5 m/min 高まっている (表 1)。また、BLa 動態を比較すると、最大下から PBLa にわたって低下 (BLa 曲線が右下にシフト) しており、VALa, VRLa とともに向上している。この変化は、スプリントエコノミーが向上したことによる全体的な BLa の低下 (Rusko et al., 1993) と考えることができるだろう。一方、2-3 年目は、400 m 走記録において約 1 秒も短縮し、Vmax も 9.1 m/min

表 1 F 選手の3年間にわたるMART結果比較

	1年目	2年目	3年目
400m走記録 (sec)	50.54	49.87	48.97
PBLa (mmol/l)	17.6	16.7	18.0
Vmax (m/min)	443.2	447.7	456.8
V3mM	283.8	326.0	314.0
V5mM VALa (m/min)	357.0	375.2	363.1
V10mM	426.5	431.0	427.1
V20%La	311.3	334.6	332.3
V40%La VRLa (m/min)	391.7	396.1	399.4
V60%La	430.4	431.1	432.6

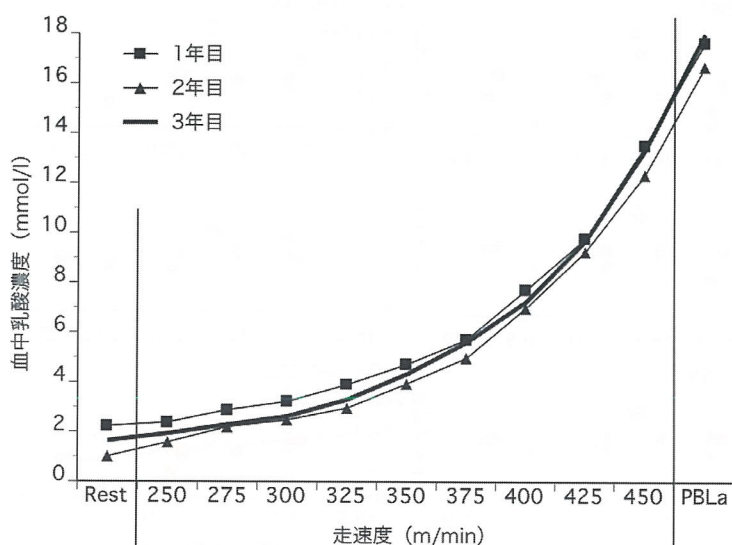


図 4 F 選手の血中乳酸動態比較

高まるなど、2 年目よりもさらに走能力を向上させている (表 1)。MART 中にモニターした自覚的運動強度 (RPE) も全体的に低下していることから、走行時の努力感も低下していると推察されるが、BLa 曲線が左上にシフトしている。すなわち同速度での BLa 濃度が高いために、VALa はすべて低下を示した (図 4 および表 1)。

ST 線維や心筋に多く存在し乳酸の取り込み (酸化) に関与する MCT 1 や、FT 線維に多く存在し乳酸放出に関与する MCT 4 の濃度は、トレーニング強度によって選択的に増減することが指摘されている (Evertsen, 2001)。高強度トレーニング (試合を含む) は、このような末梢における様々な適応の総体としての無気的能力を向上させ、結果的に準備期よりも試合期における走行テスト後の PBLa が有意に増加するなどの変化として表れると考えられる (Svedenhi and Sjodin, 1985)。実際、F 選手のコーチは、2 年目の結果を踏まえ、3 年目のシーズンに向けた準備期において、解糖系能力 (乳酸産生能力) の向上を目標とした強度の高い走トレーニングに重点をおいていた。このことから、2-3 年目にみられた BLa 曲線の左上へのシフトは、乳酸産生能力が高まるというトレーニング効果を反映したものであると推察される。これらの結果は、走能力が向上していく過程において、BLa 動態や PBLa は必ずしも下がるわけではないこと、そして BLa 濃度が低いから疲労感も少なくパフォーマンスが高いとは限らないことを、改めて示したといえるだろう。

3. トレーニング比率と各種指標の変化について

次に、準備期 (12 月-3 月) から試合期 (4 月-6 月前半) にかけて、継続的に MART、最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$ max) および乳酸性作業閾値 (LT) の測定を行った女子中距離選手 (S 選手) の事例を紹介する。S 選手は、800 m で 2'06"60 のベスト記録をもつ学生一流選手である。

紙面の都合上、 $\dot{V}O_2$ max や LT の測定方法の詳細は割愛するが、一般的な間欠的漸増負荷走行テストであったことを補足しておく。S 選手は、この約 7 ヶ月の間に 3 回のラボテストを行っている。1 回目は準備期に入る前の 11 月下旬、2 回目は準備期中盤の 2 月中旬、そして 3 回目は 5 月末のレースで 800 m の自己記録を更新してから約 2 週間後の 6 月中旬であった。

表 2 は、選手 A の準備期及び試合期におけるカテゴリー別のトレーニングの実施頻度および期別の比率を示したものである。実施頻度は、トレーニング目的を 9 カテゴリー (小カテゴリー) に分けて、月別にその頻度 (日数) を単純集計したものであり、全てを足すと月の日数になる (6 月は測定日までの集計)。また、比率は、5 カテゴリー (大カテゴリー) 別の準備期およ

表2 準備期から試合期までのトレーニング目的別実施頻度および割合

トレーニング目的		準備期					試合期			
		12月	1月	2月	3月	比率	4月	5月	6月前半	比率
大カテゴリー	小カテゴリー	(日)				(%)	(日)			(%)
Techniques	走技術	6	6	8	7	21.6	4	4	4	16.4
Power & Total Conditioning	筋力・パワー	4	5	5	4	22.3	4	0	1	11.0
	総合的体力	3	2	2	2		2	0	1	
Aerobic	LT~OBLA	1	3	0	1	16.5	2	0	1	9.6
	$\dot{V}O_{2max}$ (~1500mレースペース)	4	3	5	3		3	1	0	
Specific Endurance & Anaerobic	レース強度 (~800mレースペース)	1	2	1	2	6.6	2	5	0	23.3
	超レース強度	0	0	0	2		0	2	0	
	レース	0	0	0	0		3	5	0	
Recovery & Conditioning	休養・コンディショニング	12	10	8	10	33.0	10	14	5	39.7

び試合期の総トレーニング頻度に対する比率を示している。

カテゴリー別の主なトレーニングは、以下の通りである。なお、このカテゴリー分類は、選手自身が行ったものであることを付記する。

- 1) Techniques (スプリントドリル, レースをイメージした技術走 (100-200 m), 30-50 m 全力走)
- 2) Power & Total Conditioning (筋力・パワー: ウエイトトレーニング, 総合的体力: サーキットトレーニング)
- 3) Aerobic (LT-OBLA: スピードプレイ (50-60 分の変化走), $\dot{V}O_{2max}$: 3 分間走×5, 200-300 m×20-25, 400 m×4×3 etc...)
- 4) Specific Endurance (レース強度: 250 m×3×2, 400 m×5 etc..., 超レース強度: 400 m タイムトライアル etc..., レース)

・Recovery & Conditioning (完全休養, 積極的休養および調整練習)

トレーニングの比率を概観すると、準備期 (12 月-3 月) は、走技術および基礎的・総合的体力の向上を目的としたトレーニングの比率が高く、試合期 (4 月-6 月前半まで) は、いわゆるスピード持久力の向上を目的としたトレーニングやコンディショニングの比率が高いといえることができる。特に準備期は、一般的な中距離選手のトレーニングと比べて、「走技術」「休養・コンディショニング」の比率が高く、「Aerobic」すなわちレースよりも低い強度 (ペース) による走トレーニングの比率が低いといえるのではないだろうか。

図 5 は、準備期から試合期にかけての MART 指標の変化を示したものである。MART の走能力の指標とな

る V_{max} は、シーズン終了直後から準備期中盤にかけて低下するものの、ベスト記録達成直後には 11 月を上回る結果を示している。他の指標 ($PBLa$, $V 5 \text{ mM}$, $V 60\% La$) も、ほぼ同様の傾向を示しており、これは準備期から試合期にかけてのトレーニング強度の変化とほぼ一致する。一方、持久的能力指標については、準備期に比べて相対的にトレーニング量が減り強度が高まる試合期においても、 $\dot{V}O_{2max}$ や LT (2 mmol/l および 4 mmol/l 時の走速度) の向上が認められたことに加えて、試合期におけるスピード能力と持久的能力のいわゆる「トレードオフ」がみられなかった点は注目に値する (図 6)。

近年、短期間の SIT が、ミトコンドリア内の酵素活性、筋グリコーゲン量の増加、筋の酸化および緩衝能力、さらには持久的パフォーマンスを向上させ、トレーニング効果の比較において持久的トレーニング群 (ET) との差がみられなかったことなどが報告されている (Burgomaster et al., 2005; Gibala et al., 2006)。さらに、休息も含めた総トレーニング時間が、SIT の 2.5 時間に対して ET が 10.5 時間と大きく異なっていたことから、SIT が極めて時間効率のよいトレーニングであるという指摘もある (Gibala et al., 2006)。中距離走のトレーニングでは、準備期 (特に一般的準備期) には、強度を落とした持久的トレーニングを行うのが一般的である。その背景には、この時期にベースとなる持久的能力 ($\dot{V}O_{2max}$ や LT など) を高めてから、徐々にスピードを上げたトレーニングを行っていくことが望ましいという考え方がある。しかしながら、S 選手のデータは、「Techniques」「Power & Total Conditioning」およびレースペース付近の強度が中心のトレーニングでも、持久的能力を高める、または維持することが可能であること

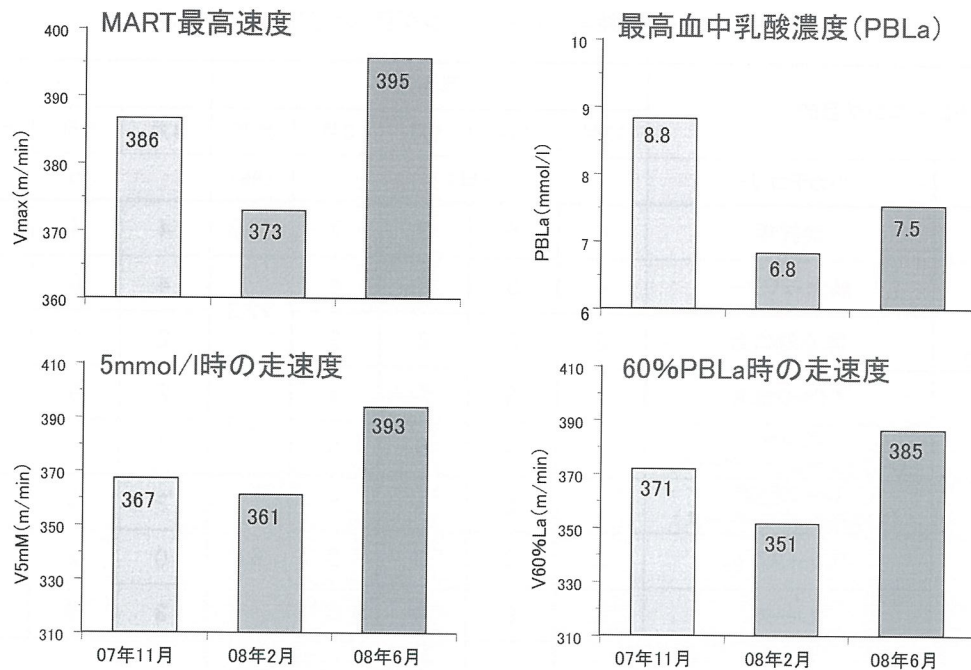


図5 準備期一試合期にかけての MART 指標の変化

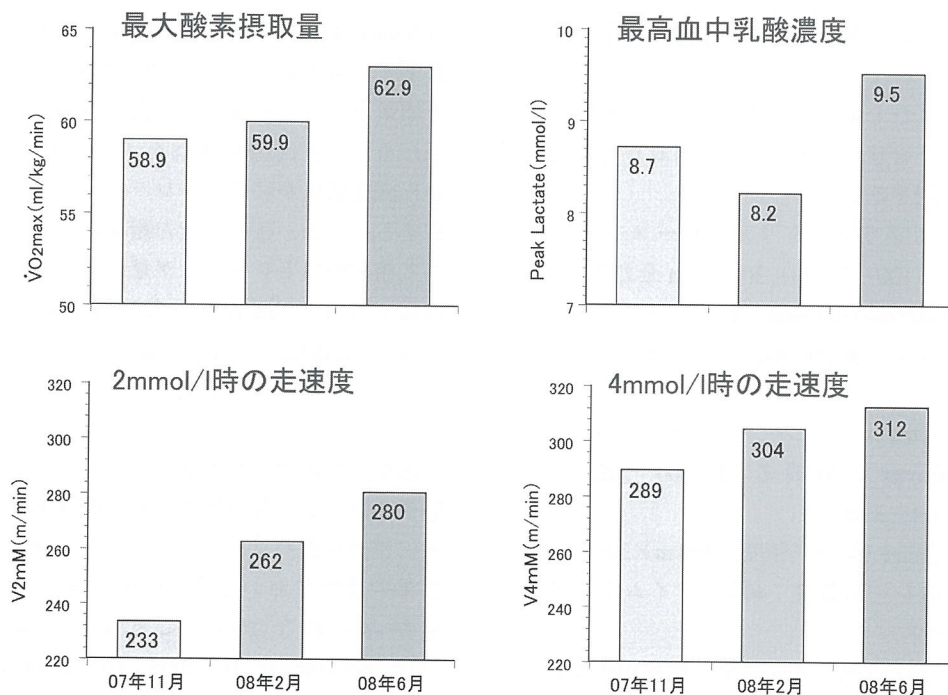


図6 準備期一試合期にかけての持久的能力指標の変化

を示唆しているといえるだろう。

4. トレーニングのあり方再考に向けて

4.1 「耐乳酸」から「使乳酸」へのイメージ転換

「耐乳酸」という言葉ができて以来、疲労状態に耐えることをトレーニングの主目的にすることも少なくないが、感覚的に「苦しい」「きつい」トレーニングが、必ずしも狙い通りの効果を引き出せているとは限らない。疲労により動作が乱れ、走速度も低下している状態を持続することは、悪い動きを継続・反復することにもなるため、技術（スキル）の獲得という観点でみれば効果的

なトレーニングとはいえないこともある。反対に、疲労感も少なく、最後までリラックスして走りきれたときの方が、走行後のBLa濃度が高いことも多い。また、多くの選手達が、動きの「コツ」を獲得してパフォーマンスが向上する過程で、本人の予想以上に努力感が軽減された、すなわち「楽（らく）」に走れるようになったと感じているのもまた事実である（森丘ほか、2005）。Noakesらのグループが指摘するように、末梢と中枢（脳）の相互関連システムで疲労シグナルを感知して運動をコントロールしているとするならば、乳酸に「耐える」から「使う」へとイメージを転換することによって、中枢にも何

らかの影響(変化)を与え、トレーニング効果やパフォーマンスに差が生じる可能性にも期待してみたい。いずれにせよ、「速い選手=最後まで疲れなかった選手」と捉えることは、トレーニングの本質を考える上で、極めて重要な視点であるといえだろう。

以上のことを踏まえて、「乳酸をより多く出し、より多く使う」というイメージで、トレーニングを組み立てることを推奨してみたい。乳酸をより多く出すということは、すなわちFT線維を積極的に動員することであり、より速いペースのトレーニングが必要となる。それは、いわゆる「乳酸シャトル」を高速回転させつつ、FT線維(主にType IIa)のST線維化(八田, 2009)を促すようなイメージの、すなわち生理学的に言えば「酸化系」と「解糖系」の能力を同時に改善するためのトレーニングを「創発」するという方向性でもある。

4.2 高強度(レースペース)トレーニングによる酸化的能力の改善

トレーニング「量」と「質(強度)」のどちらに軸足を置くべきかということがよく話題になる。無論、両者のバランスが重要であることは改めて言うまでもないが、日本では「量」をこなすことが重視されている感がある。この背景にあるものとして、これまでに日本のスポーツ界が培ってきた独特の「トレーニング観」の影響も大きい。1分程度の最大運動パフォーマンスにおける酸化系能力の重要性に関する指摘(麻場ほか, 1990)の存在も見逃せない。しかしながら、先にも述べたように、ペースとなる持続的能力(例えば $\dot{V}O_{2max}$ やLT)の向上に、いわゆる「持続的トレーニング」が必須であるというわけではない。

Coyle (2005) は、先に示したSITの合理性を主張する論文の批評において、その内容を評価するとともに、「持続的パフォーマンスの改善=持続的トレーニングという考え方は、陸上競技における一流中距離選手の間では受け入れられていない。なぜなら、彼らはずっと昔からSITが持続的能力も改善することを知っているからである。」とコメントしている。これは、SITの時間効率のよさが経験的に既知であることを示すのみならず、中長距離走のトレーニングを再考する上で極めて示唆的である。また、週160kmに及ぶ距離を走る「マラソンコンディショニング・トレーニング」を重要なトレーニングのひとつに位置づけ、多くの一流中長距離選手を輩出したアーサー・リディアード(1993)は、『トレーニングの究極のねらいは、簡単な話、自分が出場しようとしているレースをスタートからゴールまで、自分が目標としているタイムを出すために必要とするスピードで走りきりだけのスタミナをつけることである』と述べており、実は低強度の長時間走(LSDなど)に対しては否定的であることも見逃してはならないだろう。

海外の一流選手のトレーニングメニューを概観したと

き、その種目を問わず「強度(走速度)が高い」「量(本数)が少ない」「休息が短い」と感じるものがしばしばあるが、その「違和感」にこそ、我々のトレーニングに関する「常識」を覆すためのヒントが隠されているのではなかろうか。

4.3 動きや感覚を重視したトレーニング

これまで述べてきた全てのトレーニングに関わる大きなテーマとして、動きや感覚を重視したトレーニングの重要性が挙げられる。動きの意識や感覚を大切にすることの重要性は、一般論としては誰もが理解しているかもしれないが、トレーニングの具体論に踏み込んだとたんに、ドリルなどの動きづくりや筋力トレーニングの是非といった議論に矮小化されてしまう。しかしながら、動きの意識や感覚を大切にトレーニングは、日頃行っている走トレーニングのなかでも十分に工夫が可能であり、またそういうトレーニングの中から新たな動きのコツを発見することの方が多い(金高, 2004)のである。

疲労への対処という点で言えば、「疲れてからどうするか」ではなく「疲れる(と感じる)前にどうするか」、すなわちレース後半の疲労(疾走速度低下)に対して、最高疾走速度の向上や、レース前半のペース配分および動きの効率化による努力感の逓減を指向し続けるという視点があってもよいと感じる。S選手が準備期から積極的に取り組んだ「技術走」は、まずレースパターン分析のデータをもとにモデルペースを想定し、800m走のスタートからオープンコースになる120m付近や200mまでを効率よくモデルペースで通過するための走技術を身につけることを主目的としたトレーニングである。しかし、このトレーニングも、休息時間や本数を工夫すれば専門的な体力トレーニングにもなり得るし、正確性を増すことを目指していけば、周囲に惑わされずに自分のレースを組み立てられるという自信を深めるためのメンタルトレーニングにもなり得るのである。

また、レペティションやインターバルといった、いわゆる「高強度(レースペース)トレーニング」についても、予め設定した距離や本数をこなすことを優先するのではなく、設定ペースを維持できなくなった時点で終了し、なぜ走速度を維持できなかったのかを振り返るようなトレーニングがあってもよいと感じる。このようなトレーニングには、一定の走速度を維持することが可能なトレッドミルなどの機器を活用することも有効ではないか。さらに、ラップタイムなどを読まずに自分の感覚(努力感)でペースを調整させるトレーニングを組み込むことによって、周囲のペースに惑わされない自分なりの時計や感覚を持つことができ、レースペースを最適化することが可能となるだろう。実は、このような考え方は、すでに歴代の多くのトップアスリートが、トレーニングの重要なポイントとして再三指摘し続けていることなのである。

おわりに

最近, Journal of Applied Physiology などの学術雑誌において「疲労メカニズム」に関するレビューや誌上討論が盛んに行われている。疲労のメカニズムを研究しているその道の大家達が、疲労の原因は中枢?末梢?代謝産物?酸素?体液?イオン?環境温(体温)?といった持論を展開しつつ、最後はそれらの「相互作用」や「心理(mental)」の重要性を指摘している。その討論の中で Hargreaves (2008) は、疲労と運動制御に関する理解を深めるためには、中枢と末梢の相互作用について綿密に調べるための複雑な実験が必要であるとし、例えば、様々な運動中に機能的磁気共鳴映像法(fMRI)、脳皮質の分光学的解析、磁気による電気刺激や薬理学的遮断といった様々な実験技術の同時適用が必要となると述べている。いかにも基礎科学の研究者らしい発想であるが、おそらくいくらか多くの科学的分析手法を同時適応したとしても、そのメカニズムが“本質的に”解明されることはないだろう。皮肉なことに、数多の分析手法が開発され、基礎的な研究が進めば進めば、疲労メカニズムの複雑性が顕在化するというのを、これらのレビューは雄弁に語っている。

しかしながら、そのことを理由に、このような研究の意義を相対化し、ニヒリズムに陥るのは短絡である。これらの基礎研究によって、疲労に挑むトレーニングを「創発」するためには、多くの要素の相互作用や心理についても熟慮する必要があることが示されたことの意味は大きい。さらにいえば、現場の指導者や選手は、疲労のメカニズムについて詳細かつ正確に知る必要はなく、疲労を回避する方法(トレーニング)を実践の中で見つけ出しさえすればよいのである。

斯界では「エビデンス」という言葉が飛び交う昨今であるが、エビデンスベースだけが「科学」ではない。「スピード」と「持久力」を同時に高めるトレーニングを発想するというのは、従来の理論とは「辻褄が合わない」かもしれない。しかし、従来の理論では説明できないが、そのトレーニングの存在を仮定しないと「辻褄が合わない」場合には、その存在を仮説的に想定して次に「辻褄が合わなくなる」まで使い続けるべきであり、そのような態度のことこそ「科学的」と呼ぶのではないだろうか。

トレーニングの現場では、「理論」とは辻褄が合わないが、「実践(感覚)」とは合うということがよく起こる。この「理論」と「実践」のあいだを架橋するのは「身体」である。我々の研究は、理論構築を目指すために限りなく理論的でなければならないが、実践に還元するために限りなく実践的でなければならないが、そのためには常に「身体の声」に耳を傾けながら研究を進めていく必要があるだろう。

謝辞

本稿をまとめるにあたり、門野洋介氏(筑波大学人間総合科学研究科)と品田貴恵子氏(筑波大学体育専門学群)には、トレーニングデータの提供や貴重なアドバイスを頂きました。ここに、心より感謝の意を表します。

文献

- Albertus, Y., Tucker, R., St Clair Gibson, A., Lambert, E.V., Hampson, D.B., Noakes, T.D. (2005) Effect of distance feedback on pacing strategy and perceived exertion during cycling. *Med Sci Sports Exerc.*, 37: 461-468.
- 麻場一徳, 勝田 茂, 高松 薫, 宮下 憲 (1990) スプリンターの疾走能力と外側広筋の筋線維組成および筋毛細血管分布との関係. *体育学研究*, 35: 253-260.
- アーサー・リディアード: 小松美冬訳 (1993) リディアードのランニング・バイブル. 大修館書店: 東京.
- <Lydiard, A. (1983) Running with Lydiard. Hodder & Stoughton: New Zealand. >
- Baldwin, K.M., Klinkerfuss, G.H., Terjning, P.A., Mole, P.A. and Holloszy, J.O. (1972) Respiratory capacity of white, red, and intermediate muscle: adaptive response to exercise. *Am. J. Physiol.*, 222: 373-378.
- Bonen, A. (2001) The expression of lactate transporters (MCT 1 and MCT 4) in heart and muscle. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 86: 6-11.
- Brooks, G.A. (1986) The lactate shuttle during exercise and recovery. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 18: 360-368.
- Burgomaster, K.A., Hughes, S.C., Heigenhauser, G.J., Bradwell, S.N. and Gibala, M.J. (2005) Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *J. Appl. Physiol.*, 98: 1985-1990.
- Burgomaster K.A., Howarth K.R., Phillips S.M., Rakobowchuk M., Macdonald M.J., McGee SL, Gibala MJ. (2008) Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J Physiol.*, 586: 151-160.
- Coyle, E.F. (2005) Very intense exercise-training is extremely potent and time efficient: a reminder. *J. Appl. Physiol.*, 98: 1983-1984.
- Dutka, T.L., Cole, L. and Lamb, G.D. (2005) Calcium phosphate precipitation in the sarcoplasmic reticulum reduces action potential-mediated Ca^{2+} release in mammalian skeletal muscle. *Am. J. Physiol. Cell. Physiol.*, 289: C 1502-1512.
- Evertsen, F., Medbo J.I. and Bonen, A. (2001) Effect of training intensity on muscle lactate transporters and lactate threshold of cross-country skiers. *Acta Physiol. Scand.*, 173: 195-205.
- Fletcher, W.M. and Hopkins, G. (1907) lactic acid in amphibian muscle. *J. Physiol.*, 35: 247-309.
- Furusawa, K. and Kerridge, P.M. (1927) The hydrogen ion concentration of the muscles of the cat. *J.*

- Physiol., 63 : 33-41
- Gibala, M.J., Little, J.P., van Essen, M., Wilkin, G.P., Burgomaster, K.A., Safdar, A., Raha, S. and Tarnopolsky, M.A. (2006) Short-term sprint interval versus traditional endurance training : similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J. Physiol.*, 575 : 901-911.
- Hargreaves, M. (2008) Fatigue mechanisms determining exercise performance : integrative physiology is systems biology. *J. Appl. Physiol.*, 104, 1541-1542
- Hashimoto, T., Masuda, S., Taguchi, S. and Brooks, G. A. (2005) Immunohistochemical analysis of MCT 1, MCT 2 and MCT 4 expression in rat plantaris muscle. *J. Physiol.*, 567 : 121-129.
- 八田秀雄 (2009) 乳酸と運動生理・生化学—エネルギー代謝の仕組み—. 大修館書店 : 東京.
- 勝田 茂, 宮田浩文, 麻場一徳, 土肥徳秀 (1986) ニードルバイオプシー法による各種スポーツ選手の筋線維組成および毛細血管分布について. 筑波大学体育科学系紀要, 9 : 175-180.
- Karlssohn, J. and Saltin, B. (1970) Lactate, ATP, and CP in working muscles during exhaustive exercise in man. *J. Appl. Physiol.*, 29 : 596-602.
- 金高宏文 (2004) 陸上競技におけるジュニア期の指導を考える—元一流短距離選手のコツの意識調査をヒントに—. 体育科教育, 52 (11), 22-25.
- Lambert, E.V., St Clair Gibson, A. and Noakes, T.D. (2005) Complex systems model of fatigue : integrative homeostatic control of peripheral physiological systems during exercise in humans. *Br. J. Sports Med.*, 39 : 52-62.
- Madureira, G. and Hasson-Voloch, A. (1988) Lactate utilization and influx in resting and working rat red muscle. *Comp. Biochem. physiology.*, 89 A : 693-698.
- Margaria, R., Edwards, H.T. and Dill, D.B. (1933) The possible mechanism of contracting and paying the oxygen debt and the role of Lactic acid in muscular contraction. *Am. J. Physiol.*, 106 : 689-714.
- Maxwell N.S. and Nimmo M.A. (1996) Anaerobic capacity : a maximal anaerobic running test versus the maximal accumulated oxygen deficit. *Can. J. Appl. Physiol.*, 21 : 35-47.
- 森丘保典, 磯 繁雄, 阿江通良, 青野 博, 伊藤静夫 (2005) 走運動における動きのコツおよび意識に関する事例的研究 : 元一流 400 m ハードル選手の面接調査から. *スプリント研究*, 15 : 100-109.
- 森丘保典, 伊藤静夫, 持田尚, 大庭恵一, 原孝子, 内丸 仁, 青野博, 雨宮輝也 (2003 a) 間欠的な漸増負荷ランニング中の血中乳酸動態から推定されるパワーと 400 m 走記録との関係. *体育学研究*, 48 : 181-190.
- 森丘保典, 伊藤静夫, 大庭恵一, 原 孝子, 内丸 仁, 青野 博, 雨宮輝也 (2003 b) 間欠的な漸増負荷走行中の血中乳酸動態から推定されるパワーと中距離走能力との関係. *体力科学*, 52 : 285-294.
- 森丘保典, 持田尚, 内丸 仁, 青野 博, 雨宮輝也, 伊藤静夫 (2006) Maximal Anaerobic Running Test による十種競技者の走能力評価. *体育学研究*, 51 : 117-124.
- Nielsen, O.B., de Paoli, F. and Overgaard, K. (2001) Protective effects of lactic acid on force production in rat skeletal muscle. *J. Physiol.*, 536 : 161-166.
- Nummela, A., Alberts, M., Rijntjes, R.P., Luhtanen, P. and Rusko, H. (1996) Reliability and validity of the maximal anaerobic running test. *Int. J. Sports Med.*, 17 (Suppl. 2) : 97-102
- Pedersen, T.H., Nielsen, O.B., Lamb, G.D. and Stephenson, D.G. (2004) Intracellular acidosis enhances the excitability of working muscle. *Science*, 305 : 1144-1147.
- Philp, A., Macdonald, A.L. and Watt, P.W. (2005) Lactate—a signal coordinating cell and systemic function. *J. Exp. Biol.*, 208 : 4561-4575.
- Rauch, H.G., St Clair Gibson, A., Lambert, E.V. and Noakes, T.D. (2005) A signaling role for muscle glycogen in the regulation of pace during prolonged exercise. *Br. J. Sports Med.*, 39 : 34-38.
- Rusko, H., Nummela, A. and Mero, A. (1993) A new method for the evaluation of anaerobic running power in athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 66 : 97-101.
- St Clair Gibson, A. and Noakes, T.D. (2004) Evidence for complex system integration and dynamic neural regulation of skeletal muscle recruitment during exercise in humans. *Br. J. Sports Med.*, 38 : 797-806.
- Steele, D.S. and Duke, A.M. (2003) Metabolic factors contributing to altered Ca²⁺ regulation in skeletal muscle fatigue. *Acta Physiol. Scand.*, 179 : 39-48.
- Svedenhag, J. and Sjodin, B. (1985) Physiological characteristics of elite male runners in and off-season. *Can. J. Appl. Physiol.*, 10 : 127-133.
- Vuorimaa, T., Hakkinen, K., Vahasyrinki, P. and Rusko, H. (1996) Comparison of three maximal anaerobic running test protocols in marathon runners, middle-distance runners and sprinters. *Int. J. Sports Med.*, 17 : 109-113.
- Westerblad, H. and Allen, D.G. (1993) The influence of intracellular pH on contraction, relaxation and [Ca²⁺] in intact single fibres from mouse muscle. *J. Physiol.*, 466 : 611-628.

《シンポジウムII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 : 財団法人日本体育協会・スポーツ科学研究室
研究員

学 歴 : 筑波大学大学院体育研究科コーチ学専攻修了
修士 (体育学)

研究分野 : トレーニング科学, スポーツバイオメカニクス, 運動生理学

「競馬に向けてのサラブレッドのトレーニング」

一馬スポーツ科学からの提言一

講師 平賀 敦（JRA 競走馬総合研究所）

1. 競馬はどんなスポーツか

1) 競馬は陸上競技の中距離走

2008年1月現在のJRAレコードタイムは、3歳以上の芝コースでのレースでは、最も短い距離である1000mが53秒7で平均スピードは時速67.0kmである。一方、もっとも長い距離である3600mは3分41秒6で時速58.5kmである。芝コースとダートコースでのタイムを比べると、スピードはダートコースよりも芝コースのほうが速い。いずれにしても、平均スピードはおおよそ時速60km以上になっており、芝コースとダートコースの両方で、走行スピードはレース距離が伸びるにつれて、次第に遅くなっていることがわかる（図1）。

中央競馬では格の高いレースはグレードレースと呼ばれ、Ⅰ・Ⅱ・Ⅲの3つに分けられている（それぞれ、GI・GⅡ・GⅢ）。中央競馬では短距離レースであるスプリンターズステークス（1200m・GI）が近づくと、あたかも陸上競技の100m走であるかのように報道されることがある。一方で、長距離レースであるステイヤーズステークス（3600m・GⅢ）のときには、あたかもマラソンレースというように形容されることがある。ところが、スプリンターズステークスのレコードは1分7秒0であり、ステイヤーズステークスは3分41秒6である。これに対し、陸上男子100mの世界記録（9秒69）はスプリンターズステークスよりはるかに短く、一方、男子マラソンの世界記録（2時間4分26秒）はステイヤーズステークスよりもはるかに時間が長いことがわかる。

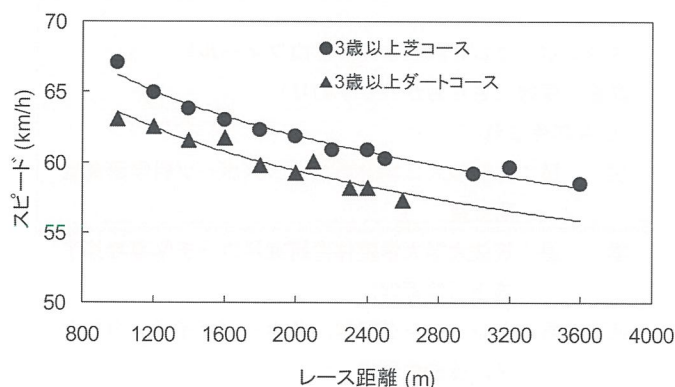


図1：JRA 日本レコード記録時の平均スピード

それでは、競技時間が同じような競技は何であろうか。それは、図2にもあるとおり、陸上競技では、いわゆる中距離走がそれに当たる。陸上800mの世界記録（1分41秒10）は、競馬1800mのレコードタイム（1分44秒1）に近く、陸上競技1000mのタイム（2分11秒96）は競馬2200mの数字に近い。そして、JRA平地レースで最も長距離である3600mのタイムは陸上競技の1マイル走（1609.3m）の世界記録（3分43秒13）とほぼ同じである。陸上競技400m走の世界記録（43秒18）から考えると、競馬1000m（レコードは53秒7）にあたる競技は、陸上競技でいえば、実際には存在しないが、500m走くらいになる。

2) 馬の激運動時のエネルギー供給の割合

シドニー大学の研究グループは最大酸素価から激運動中のエネルギー供給の割合を見積もっている（Eaton et al., 1995）。彼らの研究によると、1分程度で疲労困憊になる運動（競馬でいえば1000m走くらい）では、有酸素性のエネルギー供給の割合は約70%、3分程度で疲労困憊になる運動（3000m走くらい）では、有酸素性のエネルギー供給の割合は90%程度になるとされている。JRA競走馬総合研究所の研究でもほぼ同様な結果が得られており、距離が長くなるほど有酸素性のエネルギー供給の割合は高くなっていくことがわかる。ただ、注意しなければならないのは、1000m走程度の短距離レースでも、持久力は重要ということである。つまり、競馬においては、心肺機能が重要であることは明らかである。しかしながら、競馬は中距離走であるので、いわゆる無酸素性のエネルギー供給能力も重要であることも当然で、

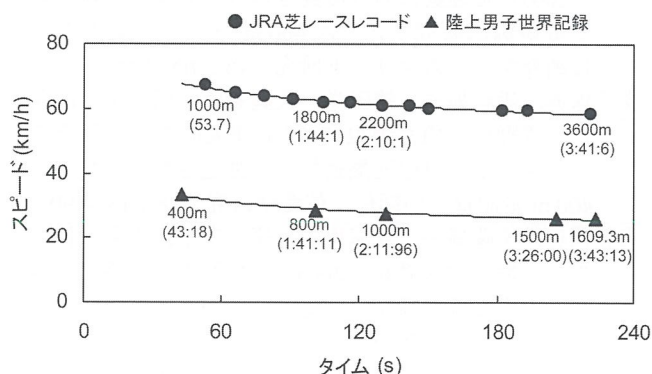


図2：JRA 日本レコード（芝）と陸上競技男子世界記録のタイム比較

実際、最大運動時の血中乳酸濃度は20~30 mMに達する。

2. サラブレッドの運動時の呼吸循環機能とトレーニングの影響

1) 運動時の呼吸循環機能

私たち一般人の最大酸素摂取量($\dot{V}O_2\text{max}$)は体重1 kgあたり・1分間あたりで30~40 ml程度であり、一方スタミナがあると考えられるマラソン選手などは80 mlくらいになるのは周知の事実である。これに対し、サラブレッドでは、まだトレーニングを開始していない若馬でも体重1 kgあたり・1分間あたりの値で130~140 ml、よくトレーニングされた成馬では180 mlを超える。おそらく、現役の一流競走馬では200 mlを超えるのではないかと考えられている。 $\dot{V}O_2\text{max}$ は、体重の重い動物に比較して体重の小さな動物ほど高くなる(Lindstedt et al., 1991)。したがって、体重が人間の8倍ほどあるサラブレッドがマラソン選手の2倍以上の値を示すということは、いかにサラブレッドの持久力が優秀であるかを物語っている。

サラブレッドの $\dot{V}O_2\text{max}$ が高いのは、おもに心拍出量が非常に多いことに由来している。安静時心拍数は25~35 beat/minであるが、最大運動時には220~230 beat/minに達する。1回拍出量は、安静時0.7 l程度であり、最大時には1.5~2 lになる。したがって、最大運動時の心拍出量は360 l/min程度になる。最大運動時の心拍出量は体重1 kgあたりの値で見ても大きい数値である。一方、競馬は有酸素性のエネルギー供給と無酸素性のエネルギー供給がほぼフル稼働し、競馬のような最大運動後の血中乳酸濃度は20~30 mMに達することは既に述べたが、この数値はおそらく他動物と比較しても高い値であろう。

さらに、運動中のサラブレッドの呼吸循環機能で特徴的なのは、動脈血酸素分圧が低下する現象が見られることである。最大運動時には、動脈血酸素分圧は60~70 mmHgまで低下し、運動性低酸素血症と呼ばれている。この原因は、主に肺胞における拡散障害であると考えられている(Wagner et al., 1989, Erickson et al., 1994)。

2) トレーニングに伴う呼吸循環機能の変化

サラブレッドは、冬から春にかけて日照時間が長くなるにつれて、繁殖周期となる動物である。妊娠期間は約330日で、多くの子馬は3月から5月にかけて生まれる。生後直後から母馬とともに放牧地に放牧され、その年の秋頃に母馬から離される離乳が行われる。離乳後からは、一般に数頭の群れで放牧地に放牧される。そして、生後1年後の秋頃から人が騎乗したトレーニングが行われるようになる。人が騎乗できるようにする手順を騎乗馴致(ブレイキング)といい、狭義には、ハミの装着・鞍の装着・騎乗運動の訓練をさしているが、必然的にある程度の運動を伴っているため、呼吸循環系に対してはいわ

ゆるトレーニングとなっている。ブレイキングの前後で $\dot{V}O_2\text{max}$ を比較した研究によると、 $\dot{V}O_2\text{max}$ は有意に増加していた(Hiraga et al., 1997)。

ブレイキング後に行われる初期のトレーニングは、遅いスピードでの強度の弱いトレーニングであり、心拍数は150~160 beat/min (50~60% HRmax)である。トレーニングが進むと、徐々に強度の高い運動(70~80% HRmax)の運動が負荷されるようになる。その後は、走行スピードを増加させ、心拍数は200 beat/minを超える運動が行われるようになる(翌年の4~5月まで)。この時期のトレーニングにより、 $\dot{V}O_2\text{max}$ は150~160 ml/kg/minまで増加する(Hiraga et al., 1995, 1997)。Ohmuraら(2002)は、騎乗馴致前の1歳秋から2歳秋まで行ったトレーニングにより $\dot{V}O_2\text{max}$ が135 ml/kg/minから160 ml/kg/minまで増加したことを示し、この $\dot{V}O_2\text{max}$ の増加には心拍出量および1回拍出量の増加が貢献していることを明らかにした。

一方、競馬に参加するようになった現役の競走馬に関するデータは極めて少ないのが現状である。シドニー大学のRoseら(1990)はレースに向けたトレーニングを行っている2歳馬8頭、3~4歳馬4頭の $\dot{V}O_2\text{max}$ を測定し、前者で平均151.6 ml/kg/min、後者で平均156.4 ml/kg/minであったと報告した。同様に、Sheehermanら(1991)は、アメリカ東海岸でトレーニング中のサラブレッド成馬14頭(平均月齢48ヶ月)の $\dot{V}O_2\text{max}$ を測定し、平均163.7 ml/kg/min (143.7~186.7 ml/kg/min)であると報告した。この報告の馬のトレーニング状態は不明であるが、トレーニングされた馬の $\dot{V}O_2\text{max}$ と類似した値となっている(Evans & Rose 1988, Knight et al., 1991, Ohmura et al., 2002)。その他いくつかある報告のいずれも $\dot{V}O_2\text{max}$ は160 ml/kg/min程度の値を示している。我々が競走馬総合研究所で行っている研究で用いているサラブレッドの $\dot{V}O_2\text{max}$ の範囲は160~200 ml/kg/min程度であり、どうやらサラブレッドの $\dot{V}O_2\text{max}$ の上限は200 ml/kg/min程度のものである。

3. 反復運動に関する研究から考える競走馬のトレーニング

競走馬のトレーニングの目標は体力を最大限にまで向上させることである。しかし、一方で故障を最小限に抑えながら、できるだけ効率的なトレーニングを行う必要がある。

競馬に参加するようになった競走馬は、日常的にトレーニングを行うわけだが、一般的には、強度の強い運動として“追い切り”と称される全速力でのトレーニングが週に1~2回負荷されるようになる。JRA所属の競走馬は、美浦あるいは栗東トレーニングセンターでトレーニングされるが、トレーニングセンターに坂路コース(傾斜3~4%、距離800~1000 mの直線コース)が導入さ

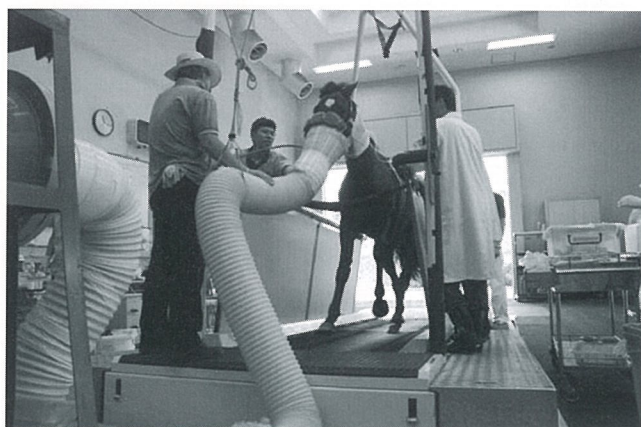


図3：サラブレッドのトレッドミル運動負荷試験

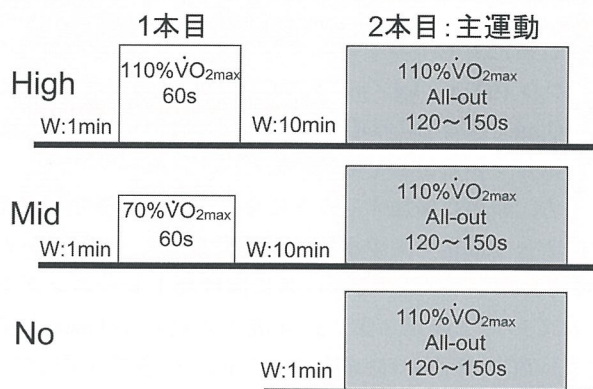


図4：反復運動のプロトコル1： $\dot{V}O_2$ ・ $\dot{V}CO_2$ ・HR・Blood lactate・血液ガスを測定した。運動の間隔は10分に設定した。

れる以前は、基本的には楕円のコース（1周 1400~2200 m）を周回する形式的な持続的トレーニングが主であった。坂路コースは長さが決まっている直線コースであるため、坂路コース導入後は、トレーニングは必然的に反復形式あるいはインターバル形式のトレーニングとなる傾向が強くなっていった。こういう場合の運動負荷形式は、1~2分程度の運動の反復負荷になることが多く、強度としては、1本目が100% $\dot{V}O_{2max}$ で1分、2本目が115% $\dot{V}O_{2max}$ で1分といった具合である。

JRA競走馬総合研究所においては、トレッドミル運動負荷試験が行われ、酸素摂取量（ $\dot{V}O_2$ ）・二酸化炭素排泄量（ $\dot{V}CO_2$ ）・心拍数・心拍出量・動静脈血液ガス・血中乳酸濃度などを指標にした研究が行われている（図3）。トレッドミルを用いた運動負荷試験は日常的に行われているが、このなかで反復運動時の呼吸循環機能の変化について簡単に述べることにする。

1) 実験1：反復運動の1本目の運動強度の違いと2本目の運動時の呼吸循環機能との関係 (Mukai et al., 2008)

実験では、1本目の運動強度を、High（110% $\dot{V}O_{2max}$ で60秒）、Mid（70% $\dot{V}O_{2max}$ で60秒）、No（運動なし）とした3種類の運動を課し、10分間の常歩（ゆっくりとした歩行）の後、2本目を110% $\dot{V}O_{2max}$ 強度でall-out

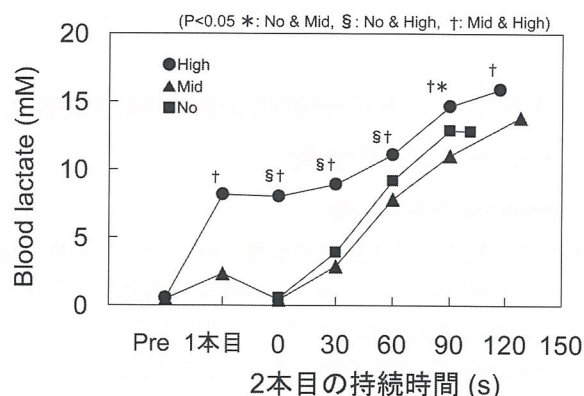


図5：反復運動時の主運動中の血中乳酸濃度の変化

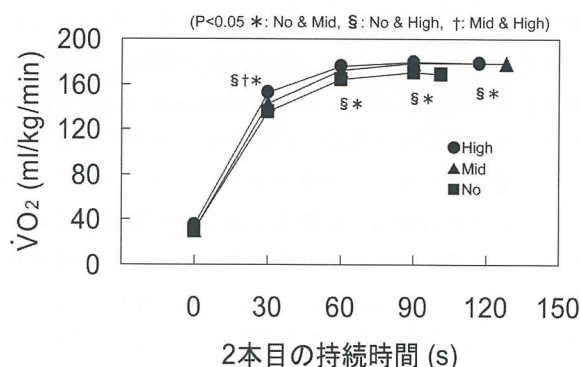


図6：反復運動時の主運動中の酸素摂取量（ $\dot{V}O_2$ ）の変化

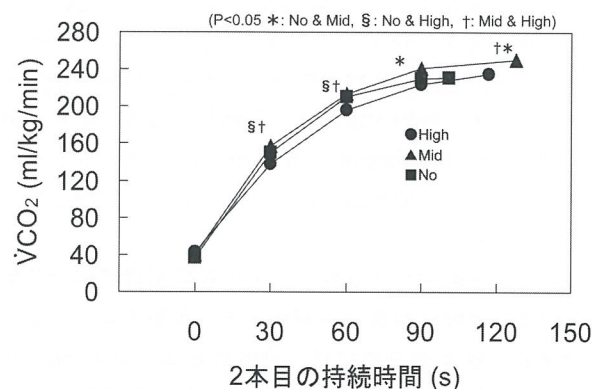


図7：反復運動時の主運動中の二酸化炭素排泄量（ $\dot{V}CO_2$ ）の変化

になるまで走行させた（図4）。測定項目は、 $\dot{V}O_2$ ・ $\dot{V}CO_2$ ・心拍数・血中乳酸濃度・血液ガスなどであった。結果をみると、まず1本目の運動を行うことにより、血中乳酸濃度はHighの場合で約8 mMであり、2本目の運動直前でもほぼその値を保っていた。Midの場合は1本目の運動によっても2 mM程度にしか増加せず、2本目の直前ではほぼ安静レベルまで戻っていた（図5）。 $\dot{V}O_2$ の増加は、High>Mid>Noの順に速かった（図6）。逆に $\dot{V}CO_2$ はHigh<Mid<Noの順で増加は遅くなっていた（図7）。つまり、1本目に強度の強い運動をした場合の方が、2本目の運動はより有酸素的なエネルギー供給のもとで行われていることになる。2本目直前の血液温

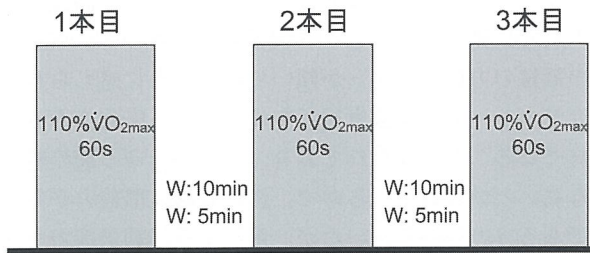


図8：反復運動のプロトコル2： $\dot{V}O_2$ ・ $\dot{V}CO_2$ ・HR・Blood lactateを測定した。運動の間隔を10分、5分に設定した。

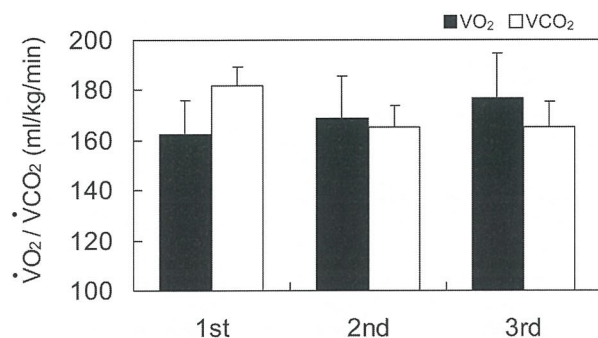


図9：10分間隔で走行した場合の $\dot{V}O_2$ と $\dot{V}CO_2$ の変化

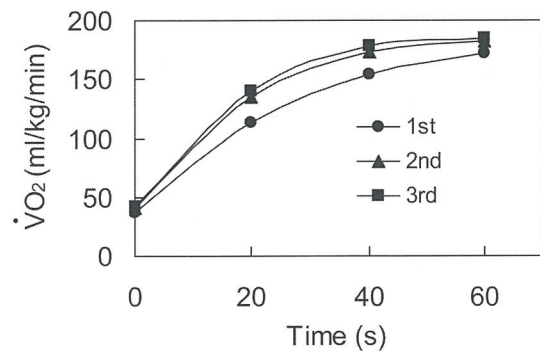


図10：5分間隔で走行した場合の $\dot{V}O_2$ の変化

度は、High>Mid>Noの順で高かったので、当然筋肉温度もこの順番で高いことが予想され、この温度の差が代謝速度に影響したことは十分に予想される。また、乳酸は近年の研究によって、エネルギー源として重要な役割を演じていることが分かっているので (Brooks 2000, Allen and Westerblad 2004), High の場合の2本目直前の高い血中乳酸濃度が2本目の運動中のエネルギー供給に影響を及ぼしたことも十分に予想される。

2) 実験2：110% $\dot{V}O_{2max}$ 強度で60秒間の運動を異なる反復間隔で行った場合の呼吸循環機能

この実験では、110% $\dot{V}O_{2max}$ 強度で60秒間の運動を、それぞれ10分間隔あるいは5分間隔で3回行っている (図8)。10分間隔の場合の $\dot{V}O_2$ は1回目よりも2回目、2回目よりも3回目の方が値は高くなっているのに対し、 $\dot{V}CO_2$ は逆に2本目、3本目になるに従い、数値は低くなっている。これは、5分間隔の場合も同様であった。また、1本目、2本目、3本目それぞれの運動時の $\dot{V}O_2$

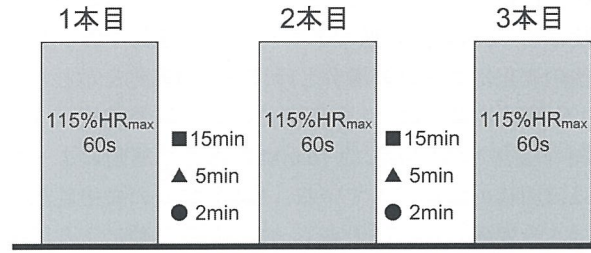


図11：反復運動のプロトコル3：HR・Blood lactateを測定した。運動の間隔を15分、5分、2分に設定した。

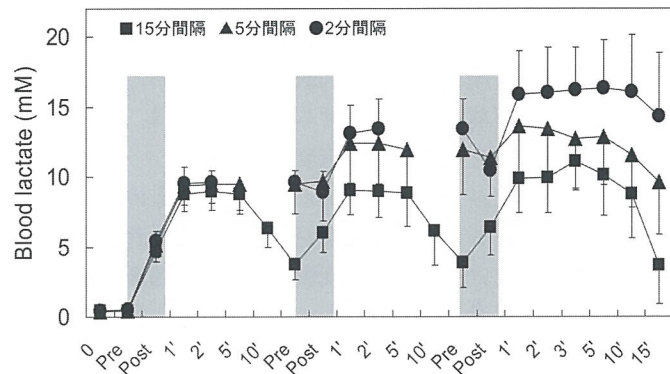


図12：反復運動時のBlood lactateの変化

の経時的な変化をみると、1本目よりも2本目・3本目の方が $\dot{V}O_2$ の増加は速くなっているのがわかる (図10)。これについても、10分間隔と5分間隔とも同様の傾向を示していた。これらの結果からいえることは、たとえ設定された運動強度は同じであっても、2本目あるいは3本目の方がより有酸素的なエネルギー供給のもとで運動していることを示している。

3) 実験3：115% HRmax 強度で60秒間の運動を異なる反復間隔で行った場合の血中乳酸濃度 (Eto et al., 2004)

この実験では、115% HR_{max} 強度で60秒間の運動を、それぞれ15分間隔、5分間隔、2分間隔で3回行っている (図11)。図12をみると、1回目の運動により、運動中の血中乳酸濃度は約5mMとなり、1分後はいずれの場合も8~9mM程度となっている。15分間隔の場合は、5分後まではほぼ同じ値を保ったが、2本目の運動直前には4mM程度まで低下している。2本目の運動により、血中乳酸濃度は1本目とほぼ同様な値にまで増加し、その後の濃度変化も1本目とほぼ同様な経過をたどっている。3本目の運動負荷による血中乳酸濃度変化も2本目終了時とほぼ同じ様相を示し、15分後にはおよそ4mMとなった。

5分間隔の場合では、1本目直後から5分後までは15分間隔と同様な変化を示したが、2本目直前の血中乳酸濃度は約10mM程度であり、2本目直前の値としては15分間隔よりは高い値であった。この状態から運動を開始した2本目の運動では、運動直後の血中乳酸濃度は1本目とほとんど変化がみられず、その後5分目まで約12

mMで推移した。そして、3本目は運動直前の血中乳酸濃度が約12 mMの状態スタートし、運動中および運動後の変化は2本目の場合とほぼ同様の変化を示した。

2分間隔の場合は、2本目直前の血中乳酸濃度は5分間隔の場合とほぼ同じ約10 mMであり、運動によってほぼ同様の値を示している。3本目直前の血中乳酸濃度は5分間隔よりも若干高く、3本目の運動により減少傾向を見せている。

血中乳酸濃度は筋中での乳酸生成と消費のバランスによって決まる。筋中における生成そのものが大きく変化しているとは考えにくいので、反復運動時にみられる血中乳酸濃度の減少傾向は、血中乳酸をエネルギー源として利用している可能性を感じさせる。この結果は、トレーニング効果の質を考える上で重要と思われる。

競走馬のトレーニングは基本的には走ることなので、多彩なバリエーションは求めづらい。しかし、これらの研究結果をみると、運動強度や反復時の運動の強度や反復の間隔を変化させることでトレーニング効果の質を変えることが出来る可能性があることが分かる。

4) 競走馬のトレーニングの可能性

競走馬のトレーニングとしては、一部水泳トレーニングも取り入れられているが、やはり走る事が基本である。速い走行スピードでのトレーニングが多くなれば、それだけパフォーマンス向上には寄与すると考えられるが、競走馬は500 kg近い体重を有するため、過度のトレーニングは筋骨格系の疾病発症リスクを増加させることになりかねない。特に下肢部の骨折や腱・靱帯疾患の発症には注意を要する。したがって、トレーニング実施に当たっては、筋骨格系疾患発症のリスクを出来るだけ減らした上で、効果的に呼吸循環機能を鍛える方法を模索する必要がある。

坂路コースが導入されてからより簡便に行うことができるようになった反復トレーニングを模した運動をトレッドミルで再現し、呼吸循環機能の変化をみると、反復運動のそれぞれの運動の強度を微妙に変化させたり、あるいは反復運動の間隔を微妙に変えたりすることで、トレーニングの主運動時の呼吸循環機能におよぼす影響を変化させながらトレーニングを行うことが出来る可能性があることがわかる。レースにおける障害発生の傾向をみると、レース距離が長くなると障害発生率は高くなる傾向があるので、より短時間の運動の方が障害発生のリスクは低くなるのではないかと考えられる。つまり、反復運動をうまく工夫することはトレーニングを効率的に行う上で有用と思われる。

坂路コースが導入された当初、坂路コースにおける追い切りは高強度短時間運動なので、たとえ反復運動となったとしても、いわゆる無酸素性のエネルギー供給を鍛錬しているものと考え、調教師などにもそう説明していた。これは基本的には間違っていないと思うが、上

記のような実験結果からあらためて考えると、高強度運動の反復運動では、むしろ有酸素的なエネルギー供給能力の鍛錬の方にウェイトが傾いているように感じられる。

サラブレッドは高強度運動中には血中二酸化炭素分圧が高くなることが知られており、またいわゆる筋の緩衝能も高いといわれているので、漠然と耐乳酸能力が高いのであろうと認識していたが、最近、乳酸利用能力も高いのではないかと考えている。

血中乳酸濃度が高い状態で行うトレーニングであっても、血中乳酸濃度が高い状態のまま運動を継続する場合と、運動の間隔を置いて反復する場合とで生理的な状況が異なるのであろう。運動の間隔をおいた場合の2本目は、血中乳酸濃度は高いままであるが、その他の生理機能はリセットされるので、結果としてむしろ乳酸利用能を高めるトレーニングになっているのかもしれない。

しかしながら、同強度の運動を1本で行う場合と（たとえば4分間）、運動時間を半分にして2本に分けて行う場合（2分間の運動を2回反復）での、筋中グリコーゲン濃度変化をみると、やはり2本に分けた方が筋グリコーゲンの減少度はトータルとして大きくなる。したがって、反復運動を行うことで、いわゆる無酸素的なエネルギー供給能力の向上に関してももちろん効果はあるものと考えられるが、有酸素的なエネルギー供給におよぼす影響についても念頭に入れる必要があろう。

2～3分間のレース時間である競馬での最後の直線での踏ん張りを強化させるには、競馬と同じ距離かそれ以上の距離の激しい運動を負荷するのが最良と思えるが、競走馬の場合、前述のように故障発生のリスクとの関係を考えなければならないという問題がある。経験上からいっても、強度の高い運動を長い時間負荷することはリスクが伴うので、熟慮を要する。競馬の場合は、陸上競技の800 m～1500 mにあたるので、スプリント能力強化の目的で高強度運動を反復させることが、結果的には有酸素運動能力を向上させることにつながったとしても、それはパフォーマンスを増加させることにつながっていることも事実である。

競走馬にトレーニングの感覚的な苦しさを聞く術もないが、体感的な苦しさや体内で起こっている生理学的な事象が必ずしも一致しないことがあるかも知れないことは、もの言わぬサラブレッドの運動生理学的研究から感ずることでもある。

4. 文献

- Allen, D., and Westerblad, H., Lactic acid-The latest performance enhancing-drug. Science, 305, 1112-1113, 2004.
- Art, T., and Lekeux, P., Training-induced modifications in cardiorespiratory and ventilatory measurements in Thoroughbred horses. Equine Vet. J. 25, 532-536.

- 1993.
- Brooks, G.A. Intra-and extra-cellular lactate shuttles. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32, 790–799, 2000.
- Eaton, M.D., Evans, D.L., Hodgson, D.R., and Rose, R.J. Maximal accumulated oxygen deficit in Thoroughbred horses. *J. Appl. Physiol.* 78, 1564–1568, 1995.
- Eaton, M.D., Rose, R.J., Evans, D.L., and Hodgson, D. R. Assessment of anaerobic capacity using maximal accumulated oxygen deficit in fit Thoroughbreds. *Equine Vet. J., Suppl.* 18, 29–32, 1995.
- Evans, D.L. and Rose, R. J. Cardiovascular and respiratory responses in Thoroughbred horse during treadmill exercise. *J. Exp. Biol.* 134, 397–408.
- Erickson, B.K., Seaman, J., Kubo, K., Hiraga, A., Kai, M., Yamaya, Y., and Wagner, P.D. Mechanism of reduction in alveolar-arterial PO_2 difference by helium breathing in the exercising horse. *J. Appl. Physiol.* 76, 2794–2801. 1994.
- Eto, D. Hada, T., Kusano, K., Kai, M., and Kusunose, R. Effect of three kinds of severe repeated exercises on blood lactate concentrations in thoroughbred horses on a treadmill. *J. Equine Sci.* 15, 61–65. 2004
- Hiraga, A., Kai, M., Kubo, K., and Erickson, B.K. Effect of slow long distance training on aerobic work capacity in young Thoroughbred horses. *J. Equine Sci.* 6, 1–6. 1995.
- Hiraga, A., Kai, M., Kubo, K., and Sugano, S. Effect of low intensity exercise during the breaking period on cardiopulmonary function in Thoroughbred yearlings. *J. Equine Sci.* 8, 21–24. 1997.
- Hiraga, A., Kai, M., Kubo, K., and Sugano, S. Effect of training intensity on cardiopulmonary function in 2 year-old Thoroughbred horses. *J. Equine Sci.* 8, 75–80. 1997
- Knight, P.K., Sinha, A.K., and Rose, R.J. Effects of training intensity on maximum oxygen uptake. In : *Equine Exercise Physiology 3*. Eds : S.G.B. Persson, A. Lindholm, and L.B. Jeffcott. ICEEP publications, Davis, CA. pp. 77–88. 1991.
- Lindstedt, S.L., Hokanson, J.F., Wells, D.J., Hoppeler, H., and Navaro, V. Running energetics in the Pronghorn antelope. *Nature*, 353, 748–750, 1991.
- Mukai, K., Hiraga, a., Eto, D., Takahashi, T., Hada, T., Tsubone, H., and Jones, J.H. Effects of warm-up intensity on oxygen transport during supramaximal exercise in horses. *Am. J. Vet. Res.*, 69, 690–696, 2008.
- Ohmura, H., Hiraga, A., Matsui, A., Aida, H., Inoue, Y., Asai, Y., and Jones, J.H. Physiological responses of young Thoroughbreds during their first year of race training. *Equine Vet. J. Suppl.* 34, 140–146. 2002.
- Rose, R.J., Hendrickson, D.K., and Knight, P.K. Clinical exercise testing in the normal Thoroughbred racehorse. *Aust. Vet. J.* 67, 345–348. 1990.
- Seeherman, H.J., and Morris, E.A. Comparison of yearling, two-year-old and adult Thoroughbred using a standardized exercise test. *Equine Vet. J.* 23, 175–184. 1991.
- Wagner, P.D., Gillespie, J.R., Landgren, G.L., Fedde, M.R., Jones, B.W., DeBowes, R.M., Pieschl, R.L., and Erickson, H.H. Mechanism of exercise-induced hypoxemia in horses. *J. Appl. Physiol.* 66, 1227–1233, 1989.

《特別講演講師プロフィール》

平賀 敦 (ひらが あつし)

1959 年生まれ

現 職：JRA 競走馬総合研究所運動科学研究室長
獣医師

学 歴：獣医学博士

研究分野：運動生理学（呼吸循環）

1985 年北里大学大学院獣医学専攻修士課程を修了し、同年 JRA 美浦トレーニングセンター競走馬診療所に勤務する。1988 年以降、競走馬総合研究所において、競走馬の運動生理学に関する研究に従事する。専門はサラブレッドの呼吸循環機能に関する研究で、トレーニング効果に関する研究や競走馬の運動性肺出血に関する研究を行っている。2006 年より国際馬運動生理学会国際委員を務める。獣医学博士。

日本陸上競技学会会則

平成14年10月26日制定

平成16年8月8日改正

平成20年8月31日改正

第1章 総則

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

第2章 事業

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

第3章 会員

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

第4章 役員

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

- 第11条** 役員は次の各項により選任される。
- (1) 会長、副会長、理事長は理事の互選により選出し、総会において決定する。
 - (2) 理事は正会員の投票により決定する。
 - (3) 理事につきさらに若干名は会長が推薦することができる。
 - (4) 監事は会長が委嘱する。

- 第12条** 役員の職務は次の通りとする
- (1) 会長は本会を代表し、会務を総括する。
 - (2) 副会長は、会長を補佐し、会長事故ある時はこれを代行する。
 - (3) 理事長は理事会を招集し、会務を統括する。
 - (4) 理事は理事会を構成し、会務を処理して本会運営の任にあたる。
 - (5) 監事は本会の会務を監査する。

- 第13条** 役員の任期は次の通りである。
- (1) 会長・副会長・理事長・理事・監事は1期3年とし、再任を妨げない。

第5章 会議

- 第14条** 本会の会議は、総会および理事会とする。
- 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) 会長および副会長の推薦
 - (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) 助成金および寄付金
- 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** 本会に顧問およ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もので、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。

〈倫理規定〉

- ・ヒトを対象とする医学的・生物学的研究はヘルシンキ宣言（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、原稿の種類を変更する場合がある。

〈その他〉

- ・原稿執筆にあたっては、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、付則に記した問い合わせ先まで連絡する。

〈付則〉

原稿の送付先、問い合わせ先は、下記のとおりである。

〒156-8550 東京都世田谷区桜上水3丁目25番40号

日本大学文理学部体育学研究室内

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するものとし、A4版縦置き白紙に横書きで、1ページにつき全角40字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。

一例一

「・・・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、次に示す形式で記載する。

著者名（発行年）論文名、誌名、巻（号）：始ページ終ページ。

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

一例一

陸上太郎・跳躍二郎（2001）100 km 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。

一例一

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.

一例一

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., Cappelzozzo, 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 (:) 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.

一例一

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, 図表を除く全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, 原則として当用漢字・新かなづかいを用いる. 文章中の外国語は原語表記またはカタカナを用いる.

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

(3) 章立てと見出し

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

(4) 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) などとつける.

(6) 文字指定

本文, 数式, 図, 表などに記入される文字は, 字体が明確にわかるように書く. 紛らわしい文字は, 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), l (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, $\frac{a-1}{b+2}$ 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.

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) フロッピーディスク
	解説・陸上競技 Round-up・ その他	・ オリジナル原稿 1 部 ・ コピー 1 部 ・ 電子データ (テキストデータ) フロッピーディスク

※ 投稿の際は、著者作成の表紙でも結構です。

会員各位

異動・変更について

勤務先の異動、住所等の変更がありましたら、必ず事務局へお届けください。

日本陸上競技学会事務局

〒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

○新規入会・会員登録変更・会費納入

Tel/Fax: 03-5251-3967/03-3504-3909

E-mail: ac 010-jsa@canpan.org

○学会大会・その他

Tel/Fax: 0476-98-1001/0476-98-1037

E-mail: ac 010-jsa@canpan.org

走トレーニング の革命!

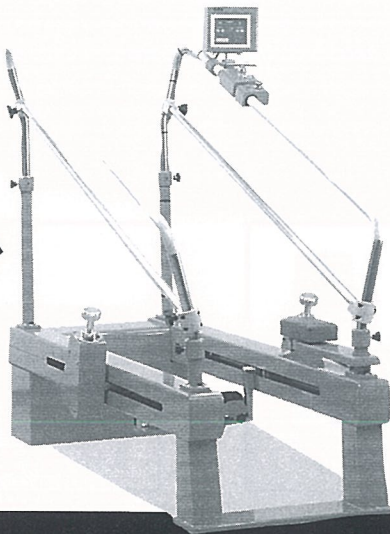
より合理的で、効率の良い走フォームに改善し、体幹深部を鍛えることでパワーを生み出す認知動作型トレーニング。その理論を具現化する高性能トレーニングマシンが商品化されました。

SPK-6

スプリント・
トレーニングマシン

世界に類のない「走る動作」を学習できるトレーニングマシンです。小学生からオリンピック選手まで、あらゆるレベルのスポーツ選手の走パフォーマンスの向上がはかれます。

●特許第2685131号



ANM-2

アニマルウォークマシン
(アニマー)

肩甲骨と骨盤の連携動作のトレーニングを通じて、スタートダッシュなどのパワーを強化することができます。同時に、身体バランスが整えられ、動きの柔軟性も飛躍的に向上します。

●特許第3465044号



SBK-4

スプリント・
パワーバイク

車軸移動式の自転車エルゴメーター・トレーニングマシンです。走動作に必要な脚および骨盤・腰椎部の体幹深部を総合的に強化することができます。

●特許第3465044号



株式会社スポーツ・ウェルネス総合企画研究所

TEL 055-988-5824 E-Mail: nakagawa@spowell.co.jp (営業担当: 中川)

クリック! 指定席予約



えきねっと

会員登録
無料

いいこといろいろ。新幹線も特急もWEB予約。

お先に
予約

駅よりも早く申込みます。混む時期だって人より先に申込み!

その場で
予約

いつでもどこでも思い立ったらネットで申込み。ご自宅で職場で!

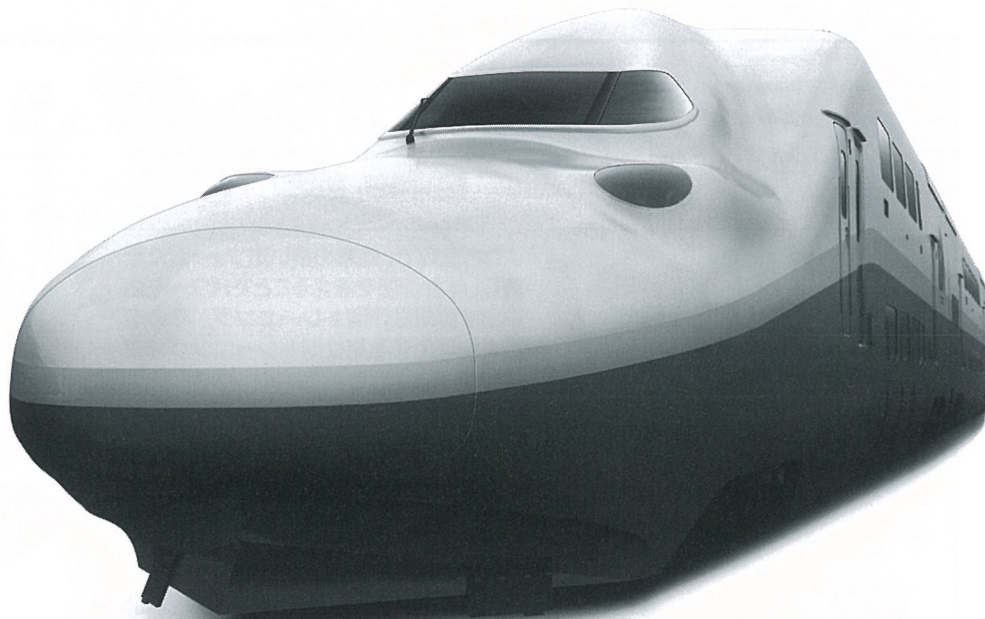
割引・
ポイント

年中いつでもおトク! たまったポイントで素敵な賞品と交換!

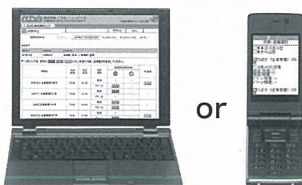
スピード
受取

きっぷの受取りは窓口にならず、指定席券売機でスイスイ!

Click!



無料会員登録



or

カンタンにお申込み



スピード受取

くわしくはホームページへ! えきねっと

検索

列車、区間、設備、乗車日等により、お申込みいただけない場合があります。

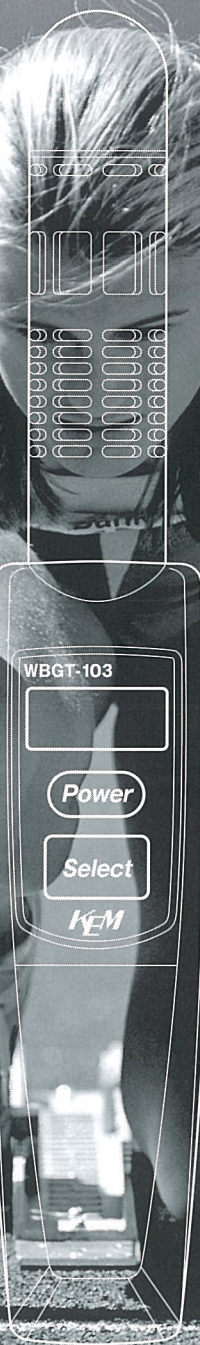
「えきねっと」でお申込みのきっぷはJR東日本の駅でお受取りください。

※JR東日本以外のJR各社及び旅行会社の窓口ではお受取りになれません。

2009年3月現在

根性やトレーニングでは
熱中症は防げない。

この装置は、WBGTを測定する
ことができます。WBGTは、ISO
にも規定されている指標で、(財)日本体育
協会もWBGTの測定を推奨しています。また、
ひとたび事故が起こると、最悪の場合は人命が失わ
れるだけでなく法的にも現場指導者や管理者の責任
が問われるケースが増えています。



熱中症指標計

スポーツ中の熱中症事故を予防!
片手で熱中症の危険度が
素早く・簡単に計測
できます!



熱中症予防用
WBGT-103
Heat Stroke Prevention Meter

- いつでも手軽にWBGT値を測定。
- 電源ONですぐ表示。
- 気温・相対湿度・輻射温度を切替表示
(財)日本体育協会 推奨品

形式名称	WBGT-103 熱中症指標計
測定範囲	WBGT値: 0~50℃ 気温: 0~50℃ 相対湿度: 10~90%RH 輻射温度: 0~60℃
測定精度 (通風環境下にて)	WBGT値: ±2℃(15~35℃) 気温: ±1℃(15~40℃) 相対湿度: ±5%(20~80%) 輻射温度: ±2℃(15~50℃)
電源	単四1.5V 乾電池 × 2
質量	約110g
価格	57,750円(本体価格 55,000円)

●付属品 携帯用ケース(1個)/単四1.5V乾電池(2本)/取扱説明書(1部)

販売元

ミスノ株式会社 特販部 生涯スポーツ課
東京: TEL.03-3233-7016 大阪: TEL.06-6614-8189

株式会社内田洋行 教育システム事業部
東京: TEL.03-5634-6280 大阪: TEL.06-6920-2480

KEM

<http://www.kyoto-kem.com>

京都電子工業株式会社

東京支店 | 〒102-0074 東京都千代田区九段南4-8-21
TEL.03-3239-7331 FAX.03-3237-0537

名古屋営業所 〒450-0002 名古屋市中村区名駅4-23-13 TEL.052-686-2100
大阪営業所 〒540-0031 大阪市中央区北浜東1-8 TEL.06-6942-7373
福岡営業所 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東1-11-5 TEL.092-473-4001
北九州営業所 〒804-0003 北九州市戸畑区中原新町1-2 TEL.093-861-2525
本社・工場 〒601-8317 京都市南区吉祥院新田二の段町68 TEL.075-691-4121
第二工場 〒601-8317 京都市南区吉祥院新田二の段町56-2 TEL.075-691-4122
九州研究所 〒804-0003 北九州市戸畑区中原新町1-2 TEL.093-861-2131

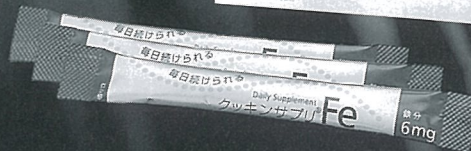
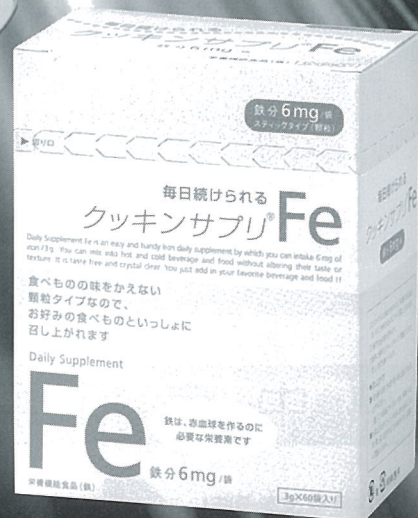
鉄サプリの決定版!

- 鉄味がしない
- 毎日続けられる
- おなかにやさしい



Daily Supplement
クッキンサプリア®

Fe



スティックタイプ
3g×60袋

3g (1袋) あたりの栄養成分	
熱量	11.0kcal
たんぱく質	0g
脂質	0g
炭水化物	2.7g
ナトリウム	3.6mg
鉄	6mg

原材料名

トレハロース、デキストリン、
ピロリン酸第二鉄、安定剤（グ
アーガム酵素分解物）、乳化剤
（原材料の一部に大豆を含む）



業務用

1kg入もあります

詳しくは <http://smile-labo.net/shop/fe.htm>

●お問合せ先

太陽化学株式会社 ニュートリション事業部 ☎03-5470-6801 受付時間: 平日9時~17時 (土日祝・年末年始を除く)

東京本社 〒105-0013 東京都港区浜松町1丁目6番3号 ホームページ <http://www.taiyokagaku.com/>

Koji
Murofushi

Yuka
Murofushi

Tatsuro
Yoshino

Yuji Ohashi

Masato
Naito

世界へ挑戦するアスリート集団
“ミズノトラッククラブ”。
彼らの勝利への強い想い、
ミズノならではのテクノロジーから
生み出される陸上競技ギアが
挑戦を支える大きなチカラとなる。

Kenji
Narisako

**挑戦は
終わらない。**
MIZUNO TRACK CLUB

Shingo
Suetsugu

Megumi
Kinukawa

Sakie
Nobuoka

Kenji
Fujikawa



ミズノは日本陸連のオフィシャルサプライヤーです

陸上競技学会誌編集委員会 委員名簿

委員長 石塚 浩 日本女子体育大学
副委員長 青山 清英 日本大学
委員 青木 和浩 順天堂大学
委員 大山下圭吾 筑波大学
委員 土江 寛裕 城西大学

委員 松尾 彰文 国立スポーツ科学センター
委員 安井 年文 青山学院大学
事務担当 近藤 克之 日本大学

※50音順，敬称略

編集後記

昨年日本陸上競技学会第7回大会は，日本大学文理学部を会場として「陸上競技のトレーニング再考」のテーマのもとに開催された。基調講演では，朝岡正雄先生，村木征人先生を始め，多くの方々にシンポジストとして登壇いただいた。また，特別講演では，JRA 競走馬総合研究所の平賀敦先生より，「競馬に向けてのサラブレッドのトレーニング」という大変興味深い内容を拝聴できた。本号では，この内容を網羅し，さらには，田内健二先生にはやり投に関して，池田延行先生には学校体育における陸上競技に関して玉稿をいただいた。また，今回の投稿論文も，多方面にわたるものである。

このような多くの方向からの内容を，学会誌として発

行できるのは，陸上競技は一つの競技として扱われるが，行われる種目数は，他の競技を遙かに上回っているからである。また，陸上競技の特性として，諸科学領域からのアプローチが可能な存在となっているためでもある。まさに，陸上競技を核として考えた場合，研究領域としては非常に広範な領域であり，数多くの研究者を有しているとも言える。一つの競技でしかない陸上競技であるが，数多くの種目を包有している陸上競技となると，その多面性から学際的な性質を持っていると考えられる。

会員の皆様には，是非とも，この多面性を利用していただき，今後とも多くの投稿を，切にお願いするところである。
(編集委員長 石塚 浩)

陸上競技学会誌 第7巻 (Vol. 7, 2009)

2009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 陸上競技社
印刷 明宏印刷株式会社

Japan Journal of
Studies in Athletics