

陸上競技学会誌

Japan Journal of Studies in Athletics

● 研究

トラックサーフェスの評価に関する研究

..... 1

内山了治, 宮尾芳一, 青木博夫
深井郁夫, 唐澤友則, 川久保洋一

血中乳酸濃度変化から見る十種競技競
技中のエネルギー代謝特性

9

桜井智野風, 安井年文, 持田 尚
繁田 進, 小林敬和, 松田克彦

● 報告

競技者自身によるトレーニング実践研
究の試み

14

佐伯徹郎, 中山寛子, 加藤 昭

● 解説

スプリント走&スプリント走ハードル
パフォーマンスの向上のためのトレ
ーニングの研究と実践

19

谷川 聡

● 陸上競技Round-up

反射活動は調節される

25

～中潜時・長潜時伸張反射に着目して～
小木曾一之

● 日本陸上競技学会会則

Vol.4,
2006

トラックサーフェスの評価に関する研究

内山了治¹⁾, 宮尾芳一¹⁾, 青木博夫¹⁾, 深井郁夫¹⁾, 唐澤友則²⁾, 川久保洋一³⁾

Evaluation of synthetic surfaced athletics tracks

Ryoji UCHIYAMA¹⁾, Yoshikazu MIYAO¹⁾, Hiroo AOKI¹⁾, Ikuo FUKAI¹⁾,

Tomonori KARASAWA²⁾ and Youichi KAWAKUBO³⁾

Abstract

The purpose of this study is to clear the characteristic about thickness, hardness and wear condition of synthetic surfaced athletics track. It was intended for the 1st, 2nd and 3rd kinds of JAAF authorization stadiums. Measurement points in each stadium were 1st, 3rd and 8th lanes of the starting points (S1, S3 and S8), intermediate points of home straight (H1, H3 and H9) and finish points (F1, F3 and F9). The results of this study are as follows:

(1) As there were a lot of points where the thickness of the surface did not reach 13 mm, which is JAAF prescription, we need to request the stadium managers to improve the conditions, from a viewpoint of athlete's protection. Especially in the B stadium, the thickness of H1, H9 and F1 were 10 mm or less. The pin reached close to the asphalt layer of the surface roadbed, and it was clear that the wear deterioration was going on.

(2) In 4 stadiums which were doing the repair construction work, significant differences were admitted in the thickness of the surface ($p < 0.01$) and the hardness ($p < 0.01$).

(3) Significant difference was admitted individually about the surface thickness and the hardness in each of the 1st, 3rd and 8(9)th lanes, regarding the points that were not doing the repair construction work. It became clear that there were some differences among the lanes.

(4) The wear speed of the surface is among 0.27 (mm/s) ~ 1.0 (mm/s) depending on the use frequency, which can be one guideline of surface maintenance control.

(5) The surface observation by a CCD camera made clear the condition of crack and made possible to grasp the damage situations.

Key words : Track Surface, Thickness, Hardness,
Wear, Simple Evaluation of Surface

1. はじめに

日本陸上競技連盟（以下、JAAF）公認陸上競技場は、JAAFが定める検定制度により5年（第5種競技場に限り3年）毎に「検定」が行われている。この制度の目的は、「陸上競技の練習ならびに競技会の運営が支障なく行われ、かつその競技場で樹立された諸記録が十分信頼し得るように各競技場の建設、整備、維持を指導し、陸

上競技の普及と振興を図る（JAAF, 2005 a）」とされ、1929年に制定されて以降、陸上競技場、各施設および用器具の安全性、公平性そして機能性を保つ大きな役割を果たしてきている。しかし、既存競技場検定時における舗装材（以下、サーフェス）の評価項目や性能に関しては、詳細に規定されていない。

一方、国際陸上競技連盟（以下、IAAF）の認証制度に関しては、鈴木と中川（2004 a, 2004 b, 2005）がその概要と現状および今後の動向に関して報告している。これらによれば、IAAFの認証制度は、「用器具」、「全天候表面舗装材」そして「トラックの認証」からなり、オリンピックや国際競技大会を開催するにはこの認証の取得が必須となる。このうち、IAAFのサーフェス性能規格（IAAF, 1990）には、表面、耐摩耗性、垂直方向変位量、衝撃吸収性等の物性および機械的特性に関する10項目が細かく規定されている（表1）。この規格は、国内の第1・2種公認陸上競技場においても準ずる（JAAF, 2005 b, 2005 c）ことが規定されているが、IAAFから国内で試験調査できる機関は認証されていない。従って、舗装材に関してはIAAF認証機関の試験室でサンプルの検査を受け、さらに同認証機関による現場検査が必要となる。

これらIAAFとJAAFサーフェスの規定は競技場が新設されるとき基準であり、経年的変化や使用損傷による改修基準は明確にはされていない。そのため、検定前に行われる改修工事の内容は検定員^{注1)}の目視による現状調査と事前指導が反映される。また、競技場所有者の財政的な理由等で、公認期間内であっても損傷している地点の補修が行われないケース、あるいは改修工事で限定されたトラックインレーン（1, 2レーンまたは1~3レーンなど）のオーバーレイ改修（サーフェスを2 mm

1) 長野工業高等専門学校 Nagano National College of Technology 〒381-8550 長野市大字徳間 716

Phone : 026-295-7044 E-mail address : uchiyama@ge.nagano-nct.ac.jp

2) 長野工業高等専門学校専攻科

Nagano National College of Technology Advance Engineering Course

3) 信州大学工学部 Faculty of Engineering, Shinsyu University

〒380-8790 長野市若里 4-17-1

表1 IAAF, JSFAおよびJAAFの人工トラックサーフェスの規格

特性項目	IAAF (IAAF, 1990) 規格値	日本体育施設協会 (JSFA, 2005) 標準値・試験方法	JAAF (日本陸連, 2005a, b, c) 全天候舗装公認陸上競技場の細則他
1 表面	気泡, 亀裂, 剥離などの瑕疵が認められないこと	—	路面: トッピング(粒径5mm前後)仕上げ, エンボス仕上げ, これに準ずるもの
2 平坦性	4m定規で 6mm以下, 1m定規で 3mm以下, 局部の段差 1mm以下	—	—
3 厚さ	平均12mm以上, 最小10mm以上 10~10.5mmの部分 5%以下	走路:13mm 走路スタート部分, 助走路:15~18mm インフィールド:15~18mm アウトフィールド:9~13mm 障害池:25mm	トラック走路:13mm以上 走幅・三段, 棒高跳助走路:15mm以上 A, Bゾーン:15mm以上 障害池:25mm以上 スタート付近, 槍投助走路等, 摩耗度や保護を含め18mm以上可能
4 衝撃吸収性	35%~50%	—	—
5 垂直変位量	0.6mm~1.8mm	—	—
6 摩擦	Wet 0.5以上 (47以上)	—	—
7 引張り強さ	非透水性層 0.5MPa以上 透水性層 0.4MPa以上	12kgf/cm ² 以内	—
8 ブレーキ時の伸び	40%以上	伸び率 500%以上	—
9 色調	合格	—	—
10 排水性	20分間排水の後, 水がトッピング面を上回らないこと	—	—
11 硬度	—	20℃:40~70 70℃:20℃の-10%以内 JIS K-6301, JIS-A硬度計	JIS規格40~60 施設により75以下も認める
12 耐摩耗性	—	600mg以下, JIS K-7204	—
13 耐候性 屋外暴露	—	ひびわれ, チョーキング退色などの劣化を生じないこと. 屋外暴露, 促進暴露試験実施	—
14 下地との接着性	—	20℃:5.0kgf/25mm以上 50℃:1.5kgf/25mm以上 JIS K-6854	下層の下地材(コンクリート, アスファルト混合物)に密着するもの
15 その他	—	—	激しい使用に耐える摩耗および亀裂しにくいもの 標準レーンマーキングに関する規定 第1.2種競技場の競走路, 助走路全天候舗装は, IAAFの示すマニュアル内容に準ずる

~4 mm 程度切削しあらたに 3 mm~5 mm 程度ポリウレタンを上塗りする)のみで, 安全性確保や公平性を欠くかのような競技場が存在するのも事実である。

このような既設陸上競技場サーフェスに着目して, 内山ら (2005 a) は傷および劣化・摩耗の発生状況をもとにサーフェスの現状を, アブレシブ摩耗 (引っかき傷), アブレシブ摩耗 (ブレーキ傷), そして疲労摩耗の 3 種類に分類している。しかし, その手法は目視による表面観察のみでありさらに詳細な調査と客観的な評価が必要と言える。また, 内山らは (2005 b) サーフェス簡易評価システムを開発し, サーフェス厚さ, 硬度, 反発係数, 微視的表面観察およびスパイクピンの圧入試験からサーフェスを実験的に評価し, サーフェス厚さが評価の指標となることを報告しているが, 複数の既設競技場サーフェスの評価までは至っていない。既設競技場サーフェスの劣化・損傷は, その使用状況, 頻度および気象条件等により程度差は大きい。劣化・損傷が進むと競技者の障害要因になる可能性もあり, これらは競技者や指導者が直面する課題とも言える。また, 公共施設の指定管理者制度^{注2)}の経過措置期間は 2006 年 8 月までであり, 陸上競技場の多くは民間業者が維持管理に携わることになる。以上を勘案すると, 既設競技場サーフェスの現状を評価

する手法の確立, および安全性に関する評価基準設定の必要性は高いと考える。

そこで, 本研究では既設陸上競技場トラックホームストレートのサーフェスを対象として, サーフェス厚さ, 硬度および表面の微視的観察からサーフェスに関して評価を試み, レーン間の差違, オーバーレイ改修有無による差違など陸上競技場サーフェスの特性を明らかにすること, および損傷状況の評価基準作成に必要な基礎的な知見を得ようと試みた。

2. 研究方法

2.1 対象競技場

対象は長野県内の JAAF 公認第 1 種陸上競技場 2 箇所, 同第 2 種競技場 2 箇所および同第 3 種競技場 1 箇所の合計 5 競技場とした。これらの 5 競技場はポリウレタンを材料とした現場施工で, 表面仕上げは人工的に凹凸をつけた「エンボス状の仕上げ」(JAAF, 2005 b) である。各競技場のレーン数, 大会使用状況および利用者数は表 2 に示したとおりである。A 競技場は直線 85 m, 曲線 115 m の B タイプ (JAAF, 1997) であり, その他の競技場は直線 80 m, 曲線 120 m の A タイプ (JAAF, 1997) である。平成 16 年度の各種競技会の開催状況と利用者数に

表2 対象競技場の利用状況他

競技場	種別	竣工	大改修	レーン数	県大会 以上(日)	地域等の 大会(日)	年間利用 者数(人)	備 考
A	1	1976	1996	9	14	7	62,798	平日100~150人使用
B	1	1977	1999	9	23	10	250,200	体育館他を含む ^{*1)}
C	2	1979	1994	8	3	6	20,565	
D	2	1983	1995	8	4	10	-	平日30人くらい使用
E	3	1977	1999	8	23	10	-	B補助競技場

<注意>

1)^{*1)}：体育館，テニスコートを含めた競技ゾーン利用者合計数。

2) A, B競技場は4月~11月上旬まで，ほとんど毎週土日は大会が開催される。

3) 年間利用者数は平成16年度の資料(競技場管理者)である。

については，それぞれの競技場管理者が把握している数値を掲載した。AとB競技場は4月から11月までほとんど毎週末に各種競技会が開催されており，特に，A競技場は市街地にあり平日の利用頻度は高い。B競技場の利用者数はE競技場（B競技場の補助競技場），体育館およびテニスコートなどの競技施設利用者数の合計であり，BとE陸上競技場それぞれ単独の利用状況については統計がない。CとD競技場は地域に密着した競技場であり，D競技場の使用者数は，平日30名くらいであるとのことであった。5競技場とも練習におけるトラックレーン使用規制はなく，陸上競技会以外にサッカー，ラグビーやアメフトなど他競技にも使用されている。

2.2 計測地点

それぞれの競技場ホームストレートの以下3地点における1, 3および最も外側レーン（AとB競技場は9レーン，その他の競技場は8レーン）を対象とし，各レーンの中央部分0.3m×0.3mの範囲を計測対象とした。なお，各地点における改修状況と改修後の使用年数は表3に示したとおりである。

- (1) 100mスタートラインから0.15m~0.25mフィニッシュ側の地点。この地点をS地点とし，それぞれその1, 3および8(9)レーンを以下，S1, S3およびS8(S9)と略す。
- (2) トラック直走路中間地点（JAAF検定要領，1997，ではH点としている）。H点の1, 3および8(9)レーンを以下，H1, H3およびH8(H9)と略す。
- (3) フィニッシュ地点をF点とし，それぞれその1, 3および8(9)レーンを以下，F1, F3およびF8(F9)と略す。

表3 オーバーレイ改修の状況

競技場	改修範囲	改修後 使用年数	未改修 使用年数
A	-3m~10m	5	10
B	-3.5m~1.5m	1	6
C	-1.3m~0.7m	1	11
D	-1.3m~0.7m	0	10
E	なし	-	6

<注意> スタートライン後方を(-)表示した。

(-3m~10m:スタートラインから後方3m~前方10mを示す)

2.3 計測項目と計測方法

計測項目は，IAAF全天候表面舗装材の試験項目（IAAF，1990），全天候舗装公認陸上競技場の細則（JAAF，2005b），ポリウレタン系表層材標準物性値（日本体育施設協会屋外体育施設部会，1999）および前述した先行研究を参考にし，サーフェス厚さ，硬度およびCCDカメラによる表面観察とした。なお，これら3項目の規格値は表1に示したとおりである。

(1) 厚さ

新設する競技場における初期的なサーフェス厚さに関する規格は，IAAFでは平均12mm以上，最小10mm以上で，10~10.5mmの部分が全体の5%以下であることを規定している（IAAF，2003）。また，JAAFではトラック走路サーフェス厚さは13mm以上と規定され，直走路スタートライン付近の厚さは，摩耗度や競技者の保護を含め18mm以上でよいことが注記されている（JAAF，2005b）。しかし，厚さ計測に関する方法等は示されていない。

IAAFが示すサーフェス厚さ計測は目盛りのついた探査針を使用し，この値が10mm以下の場合は直径10mm~25mmで舗装のコアを抜き取り，「コアの表層部分が全体約50%になるまで」（IAAF，1990b）（筆者補足『表層の研磨部分の面積が全体表層面積の約50%になるまで，すなわちサーフェス厚さは表面凹から凸までの1/2の高さである』）を研磨しこの高さを計測した値としている。本研究ではこのIAAFの定義に従い，サーフェス厚さを次のように定義した（図1）。

$$\text{サーフェス厚さ (mm)} = L_1 - L_2 / 2$$

ここで，

 L_1 : 探査針がアスファルト路盤に達するまでの変位。 L_2 : エンボスの表面層凸部から凹部までの変位。

計測は専用の探査針を製作し，デジタルノギス（Mitutoyo CD-15C）の深さ計測用ディプスパーを利用し各地点12mm以上の間隔をおき8箇所計測した（図2）。

また，F1点内側の未使用サーフェス厚さ（初期厚さ）を計測し，これと使用年数からサーフェス摩耗速度を求めた。

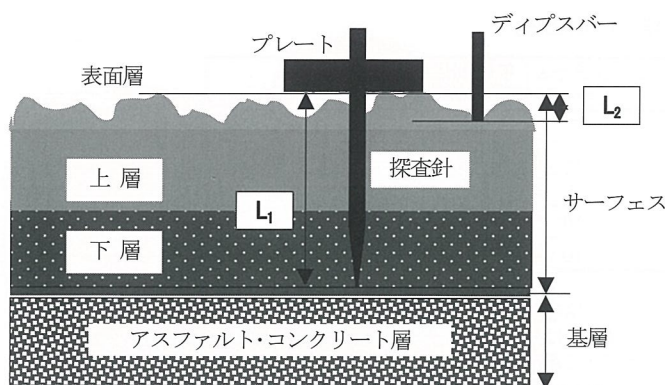


図1 サーフェスの厚さおよび計測方法



図2 厚さ計測

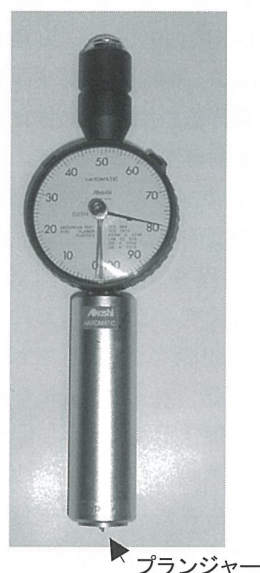


図3 A デューロメータ

サーフェス摩耗速度 (mm/y) = (L₀ - L_{min}) / t
ここで、mm

L₀ : サーフェス初期厚さ (F1点内側の未使用サーフェス厚さ)。

L_{min} : 最も摩耗しているサーフェス厚さ。

t : 使用年数 (y 年)

(2) 硬度

A デューロメータ (Mitutoyo HH-331) を使用し JIS 規格 K-6253 (日本規格協会, 2004) により計測した。この規格では 12 mm 以上の間隔で 5 箇所を計測し整数値で表すことが規定されている。本研究では、各地点範囲の中を無作為に 12 mm 以上の間隔で 8 箇所計測した。

A デューロメータ (図 3) は、ハンディタイプの硬さ試験機である。デューロメータ硬さは、「試験片表面に、定められた形状の押針を、ばねを介して押し付けたときの押針の押込み深さから硬さを求める試験機 (デューロメータ) を用いて得られる硬さ。」(JIS, K 6253) と定義され、試験結果は、タイプ A デューロメータ硬さ試験機で、標準外試験片を計測し、加圧面が密着してから 1

秒以内の標準硬さの読みが 45 である場合、A 45/S としている。加圧面が一定時間後の読みを読んだ場合は、/ をつけた後にその時間 (秒) を記録する。また、デューロメータ硬さ試験機は硬さの計測範囲により下記のタイプ D, A および E の 3 タイプを使い分けることが規定されている (JIS, K 6253)。

タイプ D (高硬さ用試験, A 90 以上)

タイプ A (高硬さ用試験, A 10~90 以上)

タイプ E (高硬さ用試験, A 20 以下)

(3) 表面観察

CCD カメラ (SCALAR マイクロスコープ M2) 50 倍の倍率で、表面を微視的に観察した。CCD カメラはパーソナルコンピュータに接続しその画像を取り込んだ。

2.4 統計処理

各計測値は、平均値±標準偏差で示した。各地点平均値の差の検定には一元配置分散分析を用い、F 値が有意の場合には、Tukey-kramer 法を用い多重比較を行った。また、サーフェス厚さと硬度の相関係数の算出にはピアソンの相関分析を用いた。なお、統計処理の有意性は危険率 5% 未満で判定した。

3. 結果

3.1 サーフェス厚さ

表 4 に各計測地点サーフェス厚さの平均値と標準偏差および摩耗速度を示した。各競技場におけるそれぞれの計測地点平均値には有意差が認められたため、多重比較検定を行った。サーフェス厚さは、オーバーレイ改修を行った地点は改修を行ってない地点に比べ、A 競技場は 7.0 mm, B 競技場は 4.1 mm, C 競技場は 4.8 mm および D 競技場は 6.3 mm 厚く、いずれも 1% 水準で有意差が認められた。また、改修のない地点のサーフェス厚さは D 競技場を除き、JAAF の初期基準である 13 mm に満たない状態であった。競技場毎の詳細は次のとおりである。A 競技場はフィニッシュ地点各レーンにそれぞれ有意差 (p<0.01) が認められ、F9 より F3 が 0.8 mm, F3 より F1 が 0.9 mm 薄いことが判明した。H 点では、H1 と H3 が H9 より 1.0 mm~1.5 mm 薄くなっていた (p<0.01)。B 競技場については、F1 は 8.88±0.62 mm と摩耗がかなり進行し、F3, F9, H3 および H9 より 1.6 mm~0.9 mm 薄く (p<0.01), さらに、F1 は H1 よりも 0.8 mm 薄い (p<0.05) ことが分かった。C 競技場では F1 が F8 より 1.0 mm 薄く (p<0.01), H3 より 0.6 mm 薄い (p<0.05) 状態であった。D 競技場はオーバーレイ改修がない各計測地点間における有意差は認められず、サーフェス厚さが 13 mm 以下の計測地点は H8 (12.93±0.43 mm) のみで、これ以外の計測地点は 13 mm を超えていた。E 競技場については、どの計測地点もオーバーレイ改修は行われておらず、スタート地点がフィニッシュ地点より 1.0 mm 薄く摩耗が進行していた。スタート地点

ではS1がS3より1.0mm, S8より1.2 mmそれぞれ厚く ($p<0.01$), フィニッシュ地点では, F1はF3より1.0mm, F9より1.3mmそれぞれ薄くなっていた ($p<0.01$).

サーフェスの摩耗速度に関しては, B競技場が最も大きく (0.90 mm/y), 次いでA競技場 (0.59 mm/y) であり, C, DおよびE競技場は大きな差は認められなかった.

表5には各計測地点におけるサーフェス初期厚さに対する摩耗割合を示した. 摩耗割合は, AとB競技場が約30%であり, C (23.4%), D (16.0%) およびE競技場 (6.9%) の順に摩耗割合が大きかった. また, D競技場以外は, 1レーンの摩耗割合が高い値を示した.

3.2 サーフェス硬度

表6に各計測地点サーフェス硬度の平均値と標準偏差を示した. 各競技場におけるそれぞれの計測地点平均値には有意差が認められたため, 多重比較検定を行った. サーフェス硬度は, オーバーレイ改修を行った地点は改修を行っていない地点に比べ, A競技場は10.3, B競技場は2.1, C競技場は0.5 およびD競技場は9.8それぞれ高い値を示し, いずれも1%水準で有意差が認められた. 各競技場の詳細は次のとおりである. A競技場はフィニッシュ地点各レーンにそれぞれ有意差 ($p<0.01$) が認められ, F9よりF3が3.6, F3よりF1 (A48/S) が5.5低く軟らかな状態であった. H点では, H1がH3より5.0, H9より2.6それぞれ低くなっていた ($p<0.01$). B競技場については, F1 (A57/S) とH1がF3, F9, H3およびH9より7.8~7.0低い値を示した ($p<0.01$). C競技場ではF1 (A51/S) がF3より10.5, F8より7.4それぞれ

表4 サーフェス厚さ

(単位: mm)

地点	レーン	A競技場	B競技場	C競技場	D競技場	E競技場
S	1	18.68 ± 0.37	14.95 ± 0.24	15.88 ± 0.50	19.26 ± 0.82	12.38 ± 0.54
	3	18.32 ± 0.41	14.25 ± 0.46	15.27 ± 0.29	19.53 ± 1.42	11.37 ± 0.46
	8(9)	16.65 ± 0.16	13.16 ± 0.58	15.81 ± 0.16	19.42 ± 0.64	11.14 ± 0.38
		5年前改修	5年前改修	5年前改修	改修直後未使用	改修無し
S平均		17.93 ± 1.19	14.12 ± 0.87	15.65 ± 0.43	19.40 ± 0.98	11.63** ± 0.71
H	1	10.03 ± 0.56	9.68 ± 0.24	10.45 ± 0.81	13.01 ± 0.54	13.91 ± 0.39
	3	10.56 ± 0.39	10.44 ± 0.51	11.17 ± 0.46	13.09 ± 0.55	11.87 ± 0.33
	8(9)	11.55 ± 0.28	9.80 ± 0.29	10.96 ± 0.39	12.93 ± 0.43	12.59 ± 0.27
F	1	10.25 ± 0.40	8.88 ± 0.62	10.38 ± 0.41	13.06 ± 0.49	11.66 ± 0.23
	3	11.11 ± 0.36	10.31 ± 0.34	10.94 ± 0.32	13.08 ± 0.13	12.65 ± 0.58
	8(9)	11.89 ± 0.17	10.35 ± 0.42	11.37 ± 0.52	13.62 ± 0.60	12.94 ± 0.13
H, F平均		10.94** ± 0.67	10.00** ± 0.82	10.82** ± 0.62	13.13** ± 0.51	12.60 ± 0.81
多重比較検定の結果		S1, S3>S9	S1>S3>S9	S1>H1-8, F1-8	S1>H1-8, F1-8	S1>S3, S8
		S1>H1, F1	S1>H1-9, F1-9	S3>H1-8, F1-8	S3>H1-8, F1-8	S1>F1
		S3>H3, F3	S3>H1-9, F1-9	S8>H1-8, F1-8	S8>H1-8, F1-8	S3>H1-8, F1-8
		S9>H9, F9	S9>H1-9, F1-9	F8>F1		H1>H3, H8, S1-8
		H9>H1, H3	H1-9, F3, F9>F1	F8>H1		H1>F1-8
		F9>F3>F1	H1>F1	H3>F1		F3, F8>H3
						F3>H3
摩耗速度 (mm/y)		0.59	0.90	0.35	0.27	0.25

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

表5 サーフェス摩耗割合

(単位: %)

レーン\競技場	A	B	C	D	D
H1	37.2	32.3	26.4	16.7	10.3
H3	33.9	27.0	21.4	16.2	9.8
H8(9)	27.7	31.4	22.8	17.3	4.4
F1	35.8	37.9	26.9	16.4	11.4
F3	30.4	27.9	22.9	16.3	3.9
F8(9)	25.6	27.6	19.9	12.9	1.7
平均	31.8	30.7	23.4	16.0	6.9

表6 サーフェス硬度

(単位: A/S)

地点	レーン	A競技場	B競技場	C競技場	D競技場	E競技場
S	1	65.75 ± 1.58	64.25 ± 3.81	59.13 ± 5.72	71.25 ± 4.83	61.00 ± 2.73
	3	64.75 ± 1.67	60.75 ± 2.05	57.13 ± 2.95	72.75 ± 2.60	58.38 ± 1.30
	8(9)	64.38 ± 0.92	64.13 ± 1.96	56.88 ± 1.89	71.50 ± 4.00	56.63 ± 2.13
	S平均	64.67 ± 1.15	63.04 ± 3.10	57.71 ± 3.84	71.88 ± 3.81	58.67 ± 2.75
H	1	49.88 ± 1.55	54.88 ± 2.70	53.88 ± 0.83	61.50 ± 1.20	57.63 ± 2.20
	3	54.88 ± 2.10	63.88 ± 2.59	57.75 ± 1.67	62.63 ± 2.00	59.88 ± 2.90
	8(9)	57.50 ± 1.41	62.63 ± 1.30	60.13 ± 1.81	64.13 ± 2.53	62.13 ± 1.96
F	1	48.38 ± 1.77	56.88 ± 4.91	51.13 ± 1.89	56.88 ± 4.91	53.13 ± 2.17
	3	53.86 ± 2.12	63.75 ± 1.75	58.50 ± 2.88	63.75 ± 1.75	60.63 ± 2.26
	8(9)	57.50 ± 1.31	63.88 ± 1.46	61.63 ± 2.97	63.88 ± 1.46	62.75 ± 1.39
H, F平均		54.33 ± 3.35	60.98 ± 4.53	57.20 ± 4.17	62.13 ± 3.55	59.35 ± 3.87
多重比較検定の結果		S1>H1, F1	S1>H1, F1	S1>H1	S1>H1-8, F1-8	S1>S8
		S3>H3, F3	S3, S9>H1, F1	S1-8>F1	S3>H1-8, F1-8	H8>S3
		S9>H9, F9	H3, H9>H1, F1	S8>F8	S8>H1-8, F1-8	S3>F1, F8
		H1<H3, H9	F3, F9>H1	H3>F1	H3>F1	H8>S8, H1
		F1<F3<F9	F3, F9>F1	H8>H1, F1	H8>F1	H1>F1-8
				F3, F8>F1	F3, F8>F1	F8>S8, H1
						H1-8>F1
						S8>F1, F3
						F3, F8, S1>F1

< ; $p<0.05$, << ; $p<0.01$

低く ($p<0.01$), H1 が H8 より 6.3 低い値であった ($p<0.01$). D 競技場では, F1(A 57/S) が F3 より 6.9, F9 より 7.0 低い値を示した ($p<0.01$). E 競技場については, スタート地点がフィニッシュ地点より全般的に低い値を示し, H 点はスタート地点とフィニッシュ地点より高い値を示した. スタート地点では S1 (A 61/S) が S8 より 4.4 高い値を示した ($p<0.01$). フィニッシュ地点では, F1 は F3 より 7.5, F9 より 9.6 それぞれ低い値 ($p<0.01$) であった.

また, サーフェス厚さとサーフェス硬度の相関係数は, 0.52 で有意な正の相関 ($p<0.01$) が認められた.

3.3 サーフェス表面観察

図4は, 各競技場サーフェス表面の状態を, CCD カメラ(レンズ倍率 50 倍)により観察した画像である. 図中左側の列は, 損傷が進んでいる a) A 競技場 F1, c) B 競技場 F1, e) C 競技場 H8 および g) D 競技場 F3 の画像を, 右側には比較的損傷が少なかった b) A 競技場 F9, d) B 競技場 F9, f) B 競技場 S1 およびオーバーレイ改修直後で未使用である h) B 競技場 S1 の画像である. a), c), e) および d) の画像からは, 目視では確認できないクラックが大きく損傷が激しいこと, さらににはサーフェスの剥離および路盤の露出部分が明確になった. b) は 10 年使用しているサーフェスであり全体的な摩耗が見受けられたが, 同競技場 F1 の a) 画像と比較すると, 亀裂が確認できる程度で路盤の露出もなく損傷が少ないことを確認した. f) B 競技場 S1 は改修後 1 年のサーフェスであり, クラックおよび路盤の露出部分がないことが分かった. また, h) D 競技場 S1 は未使用のサーフェスであり, クラックおよび損傷はなく, 表面層エンボス状仕上げの気泡を確認したのみであった.

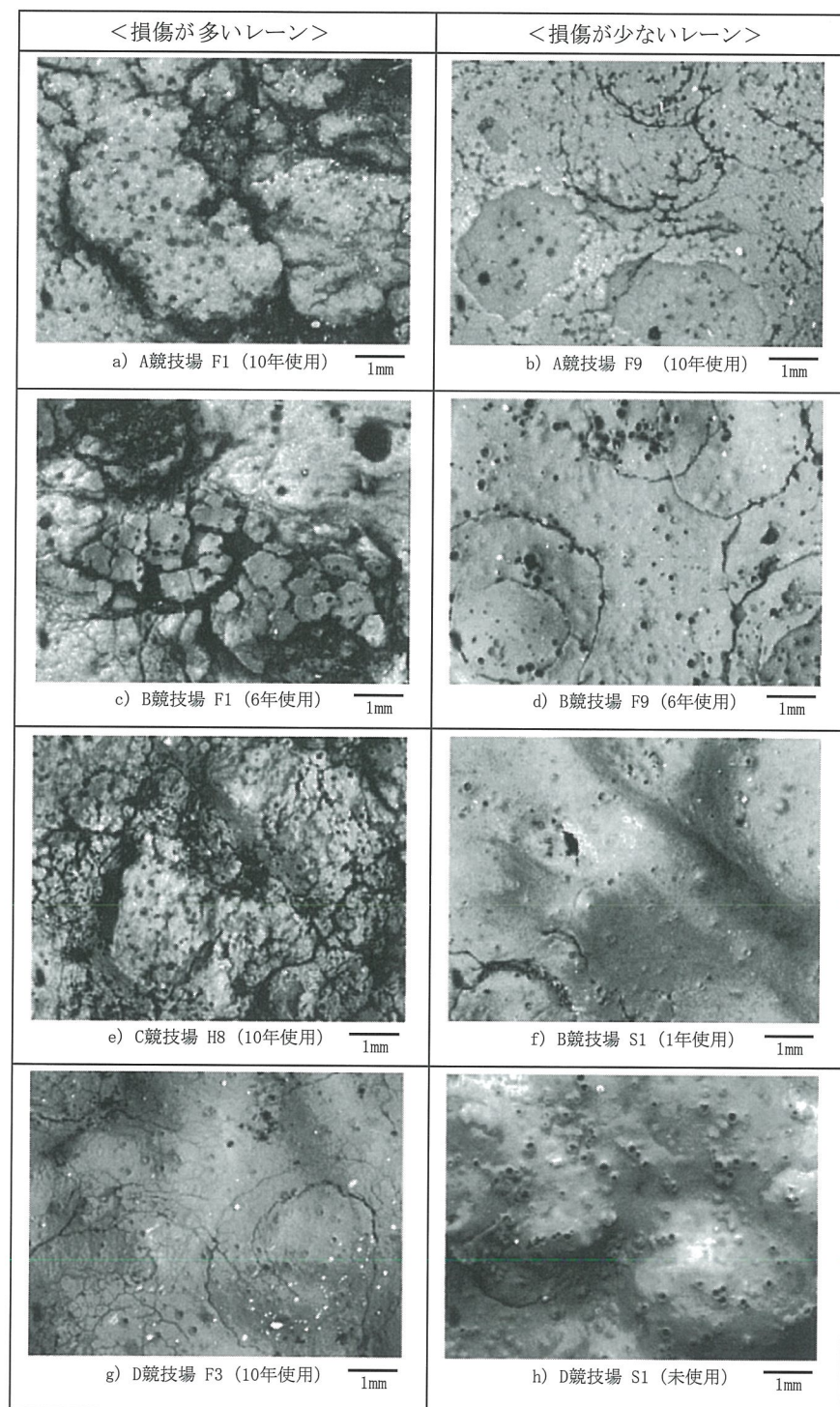


図4 CCD カメラによる表面観察

4. 考察

4.1 サーフェス厚さ

サーフェス厚さ計測により, オーバーレイ改修を行っていない 33 計測点のうち 6 割以上の 22 地点が IAAF 規格の 12 mm 以下であり, JAAF 規則の 13 mm 以上の地点は 6 計測地点のみであることが明確になった. サーフェス初期厚さに対する摩耗割合は, A と B 競技場が約 30 % で大きく, 次いで C (23.4%), D (16.0%) および E 競技場 (6.9%) であり, これらの値は使用頻度が高ければ摩耗が進行することを裏付けていると言える. 各計測地点の厚さのばらつきも同様に使用頻度を反映していることが推察される. 唯一の例外は, E 競技場 H1 の厚さ (13.91 mm) が同 H3 および H8 より厚いことであるが, この競技場は全天候

化改修工事で6から8レーンに拡幅された際に、このH1付近は既設排水設備を移動できないなど施工上の理由で舗装面を厚くしたことを確認している。オーバーレイ改修を行った各競技場スタートライン付近はサーフェス厚さが増加したことを確認できた。

また、摩耗速度からサーフェス残存厚さ（以下、残存膜厚）を推測すると、使用頻度の高いB競技場（0.9 mm/y）では3年、使用頻度の少ないC、DおよびE競技場でも10年使用すればサーフェス厚さが10 mmを下回ることになる。新設時のサーフェス初期厚さと定期的に厚さを計測することにより、残存膜厚および摩耗速度の精度は高まり、使用頻度に応じた改修の必要性を示す資料となり得ると思われる。サーフェスの維持管理および改修にあたっては、その後の公認期間内のサーフェス状態を予測し保証する必要性も高いため、このような残存膜厚および摩耗速度の指標は有効であると推察される。

4.2 サーフェス硬度

各競技場新設時のサーフェス初期硬度については、各競技場の「検定報告書」（長野陸上競技協会保管）によれば、C競技場が65、これ以外のすべての競技場は60である。この数値は新設競技場と同時に施工したサンプルを計測した値である。表面層はエンボス状に仕上げる前の凹凸がない状態であり、実際の競技場サーフェスとは異なる。硬度計測に用いたAデューロメータは先端にプランジャーと呼ばれる押針があり、これをサーフェスに密着させて計測するため、エンボス凸部が細いとプランジャー基準面がサーフェスに密着しないため、凸部の弾性変形がプランジャーに影響し計測値が高くなることがある。D競技場スタートライン付近はオーバーレイ改修直後で、表面層のポリウレタンが固まったエンボス凸部が全く摩耗していないため、前述の理由により70を超える高い値を示したと考察される。その他のオーバーレイ改修実施地点は未改修地点に比べ、有意に高い値を示し改修後のサーフェス硬度は高い値になることが認められた。また、各計測地点の硬度の多重比較から、1レーンほど硬度が低く、使用頻度は硬度からも推察できることが確認できた。特にA競技場F1、H1、B競技場F1、H1、C競技場F1およびE競技場F1は初期硬度より17～22低い値を示し走路面が軟弱化していることが明らかになった。

また、サーフェス厚さと硬度には有意な相関が認められたことから、サーフェスが厚くなれば硬度は高くなり、劣化摩耗し薄くなれば硬度は低下する傾向が認められた。

4.3 サーフェス表面観察

CCDカメラによるサーフェスの微視的な観察は、目視では確認できないクラックが数多く観察され、サーフェス剥離および路盤の露出などが明確になった。また表面の凹凸が少なくなり、摩耗や劣化している状況が確認できた。これらの原因は、使用状況の他に紫外線や自然

条件等による影響も含まれることが推察される。これらのクラックが多い地点ほどサーフェス厚さが薄く硬度も低くなり、競技者保護の観点から改修の必要性が高いと思われる。また、これらの画像は改修の必要性を視覚的に指摘できる資料となり得る。

5. まとめ

本研究では、陸上競技場におけるサーフェス厚さ、硬度およびCCDカメラによる表面観察により、サーフェスの摩耗劣化状態について簡易的な評価を試みた。対象とした競技場はJAAF公認第1種、第2種および第3種の5競技場である。それぞれの競技場における計測地点は100 mスタート地点、直走路中間点とフィニッシュ地点のそれぞれ1、3および最も外側の8または9レーンとした。得られ結果は次のとおりである。

- (1) サーフェス厚さを計測したことにより、厚さがJAAF規定である13 mmに達しない地点が6割以上あることが分かった。競技者保護の観点から早急な対策を競技場管理者に要請する必要があると思われる。特に、B競技場中間地点1、9レーンとフィニッシュ地点1レーンの残存膜厚は10 mm以下でありピンがサーフェス路盤のアスファルト層近くまで圧入し、摩耗劣化が進んでいる状況であることを確認できた。
- (2) サーフェス表面の改修を行っている4つの競技場では、改修によりサーフェス厚さが増し（ $p<0.01$ ）、硬度も高くなる（ $p<0.01$ ）ことが認められた。
- (3) 改修工事をしていない地点に関しては、使用状態により1レーン、3レーンおよび最も外側のレーンにおけるサーフェス厚さおよび硬度についてそれぞれ有意差が認められ、レーン間においても差が生じていることが判明した。
- (4) サーフェスの摩耗速度は、使用頻度により差があり、0.27（mm/y）～1.0（mm/y）であることが分かった。これらはサーフェス維持管理のひとつの指標となると思われる。
- (5) CCDカメラによる表面観察は、クラックの状態が鮮明になり、サーフェスの剥離、路盤の露出なども確認でき損傷状況を把握できることが分かった。

今後は、本研究で明らかになったオーバーレイ改修有無やレーン間の差違が、競技者や競技パフォーマンスに与える影響を明らかにすることが課題と言える。

（注）

- 1）検定員：日本陸上競技連盟施設用器具委員会検定員。陸上競技場および長距離競走（歩）路の検定業務に携わり現地調査を行う。また、陸上競技場の建設、改修、検定事前調査、維持管理などの業務にも関わる（JAAF, 2005 a）。

2) 指定管理者制度：「地方自治法の一部を改正する法律」(地方自治法 244 条) が 2003 年 6 月公布同年 9 月に施行された。これは、公の施設管理（スポーツ施設、図書館、保育所、老人養護等）を従来の「直営」や地方公共団体出資法人および公共団体等による「委任管理者制度」から、「直営」か「指定管理者」をおく制度に変更されたものである。全国に公共スポーツ施設は 65,000 ヶ所ほどあるとされ、民間のビジネスチャンスが拡大されることになる。法律の猶予期間は 3 年間で 2006 年 8 月までとされている。

参考文献

- I.A.A.F (1990) ; PERFORMANCE SPECIFICATION FOR SYNTHETIC SURFACED ATHLETICS TRACKS.
- 鈴木 存・中川喜矩 (2004 a) ; 国際陸連の認証制度に迫る (第一報), 月刊体育施設, No.428, pp.16-23.
- 鈴木 存・中川喜矩 (2004 b) ; 国際陸連の認証制度に迫る (第二報), 月刊体育施設, No.429, pp.28-31.
- 鈴木 存・中川喜矩 (2005) ; 国際陸連の認証制度に迫る (第三報), 月刊体育施設, No.430, pp.33-37.
- 内山了治 他 (2005 a) ; 陸上競技場人工サーフェスの損傷分類と摩耗試験装置の開発, 日本スポーツ産業学研究, Vol.15, No.2, pp.37-45.
- 内山了治 他 (2005 b) ; トラックサーフェスの簡易評価システムの開発, 日本スポーツ産業学会第 14 回大会号, p.69.
- (財)日本規格協会 (2004) ; JIS ハンドブック 28-1 ゴム I. (財)日本規格協会：東京, pp 421-430.
- (財)日本体育施設協会屋外体育施設部会 (2005) ; 屋外体育施設の建設指針 H 17 年改訂版. (財)日本体育施設協会屋外体育施設部会：東京, pp.241.
- (財)日本陸上競技連盟施設用器具委員会 (1997) ; 陸上競技場ならびに長距離競走 (歩) 路検定要領, p.13.
- (財)日本陸上競技連盟 (2005 a) ; 公認陸上競技場および長距離競走路ならびに競歩路規定, 陸上競技ルールブック 2005 年版. あい出版：東京, pp.179-193.
- (財)日本陸上競技連盟 (2005 b) ; 全天候舗装公認陸上競技場の細則, 陸上競技ルールブック 2005 年版. あい出版：東京, pp.194-203.
- (財)日本陸上競技連盟 (2005 c) ; 第 1 種・第 2 種公認陸上競技場の基本仕様, 陸上競技ルールブック 2005 年版. あい出版：東京, pp.164-178.

[研究]

血中乳酸濃度変化から見る十種競技競技中のエネルギー代謝特性

桜井智野風¹⁾, 安井年文²⁾, 持田 尚³⁾, 繁田 進⁴⁾, 小林敬和⁵⁾, 松田克彦⁶⁾

Energy metabolism of decathlete in athletic competition by change of blood lactate

Tomonobu Sakurai¹⁾, Toshifumi Yasui²⁾, Takashi Mochida³⁾,

Susumu Shigeta⁴⁾, Hirokazu Kobayashi⁵⁾, Katsuhiko Matsuda⁶⁾

Abstract

The aim of this study is to provide greater insight and understanding regarding the energy metabolic characteristic of decathlon. The use of blood lactate sampling tests in the competitive athletic meet and laboratory assist in examining decathlete capabilities for performance both at the international and national levels. Eight competitive decathlete were divided into two groups based on the best point. The average record of each group was $7,451 \pm 211$ p (international group; G7) and $6,514 \pm 228$ p (national group; G6). The peak of blood lactate concentration in the athletic competition appeared both G7 and G6 immediately after 400-m running. G7 intentionally indicated a high concentration compared with G6 (16.1 ± 0.2 and 12.7 ± 1.5 mmol/l). Moreover, G7 indicated a value that was higher than G6 in three jumping events. Laboratory tests provide a useful indication of general fitness of decathlete. There was significant relation between peak of blood lactate concentration of the laboratory test and the athletic competition in G7. However, there was no significant in G6. These results because high concentration of blood lactate does not show decrease in performance. It was suggested that it be important as the index of carbohydrate metabolism.

Keyword: 十種競技, 血中乳酸濃度, 競技会, エネルギー代謝

1. 緒言

血中乳酸濃度 (LA) は運動強度に依存して上昇することが知られているが, これは強度に比例し直線的ではなく, ある強度を越えると一気に上昇し始める. 運動時の酸素需要量と供給量のバランスが維持されていれば血液中への乳酸の蓄積は見られず, このバランスが崩れたとき変化が現れる. このように運動中の LA は, 運動強度・時間・頻度により影響を受けるとともに, 運動に参加した筋量の多少や骨格筋や各種臓器における乳酸に対する機能による個体差も存在する. すなわち運動形態やスポーツ種目によっても様々な変化動態を示す (Edg et

al., 2006). LA 測定は有酸素能力や持久性の運動能力を推し量る手段の一つとして普及してきた. これは長時間に及ぶ運動では, その発生と消失のバランスが保たれた強度で行われることが多いために, LA の上昇はパフォーマンスの低下と位置づけられることが多い. これに対し, 短時間の激しい運動による乳酸濃度変化に関しては短時間に大きく上昇することや, その変化の多様性により, その利用価値は低いと考えられてきた. しかし近年, 乳酸は老廃物ではなくエネルギー利用の指標であり, 疲労の指標ではないとされる報告がなされ (Pedersen et al., 2004), LA の上昇はパフォーマンスの低下を意味するのではなく, エネルギー利用の上昇を意味するものであるという考え方が注目されてきている.

十種競技は 100 m・走幅跳・砲丸投といったハイパワーな出力をとる運動から, 長い競技時間を要する棒高跳, 持久的運動の要素を含む 1500 m などの 10 種目を 2 日間にわたり断続的に行う競技であり, このような運動形態の競技は他に類を見ず, その基本となるから作りや競技へのコンディショニングに関しては科学的に解明されていない点が多い. 特にその長時間にわたる種目特性から, エネルギー利用率がパフォーマンス上昇の重要な要因となることは明らかである. 十種競技を生理学的・生化学的に考察した報告はあるものの (繁田ら, 1993; 金子ら, 2004), 選手のエネルギー代謝からの検討は十分ではない. しかしながら, 十種競技選手のフルベダリング・コントロールテストにおける LA 変化と, 十種競技におけるランニング種目 (100 m, 400 m, 1500 m) のパフォーマンスに関連が報告されており (桜井, 2002), LA 変化が十種競技選手のエネルギー代謝を推し量る可能性があることを示唆している.

1) 東京農業大学 生物産業学部 健康科学研究室 Tokyo University of Agriculture

〒099-2493 北海道網走市八坂 196 Tel: 0152-48-3930 Mail: t3 sakura@bioindustry.nodai.ac.jp

2) 青山学院大学 Aoyama Gakuin University

3) 横浜市スポーツ医科学センター Yokohama Sports Medical Center

4) 東京学芸大学 Tokyo Gakugei University

5) 中央学院大学 Chuo gakuin University

6) 平成国際大学 Heisei International University

本研究の目的は、全日本ランキング上位にランクされる十種競技選手を対象に競技会中の LA 変化と、実験室におけるフルペダリングテストで得られた LA 変化の比較検討により、十種競技競技中のエネルギー代謝特性を明らかにし、より高いパフォーマンス獲得のための資料を得ることを目的とした。

2. 方法

2.1 対象

十種競技選手 8 名をベスト記録により 7000 点以上のグループ (G7)、6000 点台のグループ (G6) の 2 群に分けた。各グループの対象選手の特性を表 1 に示す。

表1 各グループにおける選手の身体的特性

	G7	G6
ベスト記録 (point)	7,451 ± 211	6,514 ± 228
年齢 (yr)	24.7 ± 1.1	22.1 ± 1.8
身長 (cm)	178.5 ± 3.5	177.8 ± 4.5
体重 (kg)	70.5 ± 4.2	71.8 ± 5.1
体脂肪率 (%)	12.5 ± 3.1	12.7 ± 2.6

2.2 競技会中の血中乳酸濃度 (LA) 測定

秋季に行われた競技会 (日本選手権および全日本混成選抜大会) において競技中の LA を測定した。測定は十種競技 2 日間両日の競技場到着時 (競技会前) および各競技種目ウォーミングアップ開始前 (競技前)、競技種目終了直後 (競技後) に行った。詳細は図 1 に示す。

2.3 自転車フルペダリングテストにおける血中乳酸濃度 (LA) 測定

測定は競技会シーズン終了後の秋季合宿中に行われた。自転車エルゴメーター (パワーマックス V, コンビ社製)

を用い、体重の 7.5% を負荷 (kp) とし、10 秒間のフルペダリングを 60 秒の休息をはさみ 10 セット行った。テスト前および 10 セット目終了直後に耳朶より採血し、簡易乳酸測定器 (ラクテート・プロ LT-1710, アークレイ社製) を用い測定した。

2.4 統計処理

測定値は平均±標準誤差で示した。二群間における相対値の比較には t 検定を、同一群内の測定値の比較には対応のある t 検定を用いた。尚、有意水準は 5% とした。

3. 結果

3.1 十種競技競技会中の血中乳酸濃度 (LA) 変化

図 2-A および 2-B に十種競技会中における LA の変化を示す。1 日目 (図 2-A) と 2 日目 (図 2-B) を通して、各種目の競技前の LA は、各日の朝、競技会開始前 (ウォーミングアップ開始前) に測定した安静値に比べ差が見られなかった。1 日目は G7 ではすべての種目終了後に LA は競技前に比べ有意に上昇した。また G6 では砲丸投終了後を除く種目で有意な上昇が見られた。しかしながら走幅跳、走高跳および 400 m 直後の上昇は G6 に比べ G7 が有意に高い上昇を示した。2 日目 (図 2-B) は 1 日目と同様に、G6 の円盤投を除くすべての種目の終了後において LA は競技後に有意に上昇した。また棒高跳終了後の値に G7 と G6 のグループ間に差異が見られた。1 日目、2 日目を通じての最高値は G7、G6 ともに 400 m 終了後 (16.1 ± 0.2 , 12.7 ± 1.5 mmol) に記録された。個々人の測定値で見ても選手 8 名中 7 名 (G7: 4 名, G6: 3 名) まだが 400 m 終了後の値が 2 日間を通じての最高値であった。

3.2 エルゴメーターフルペダリングテスト時の血中乳酸濃度 (LA)

図 3 に十種競技競技会中に測定された最高 LA と、研究室で行われたフルペダリングテストで測定された最高 LA の関連を示す。G7 においては 4 名の各選手の最高 LA が 14 mmol を超える高い値であるにもかかわらず、競技中とペダリングテストで差が見られない、もしくは競技会中の方が高い値を示した。それに対し、G6 では 4 選手中 3 選手がペダリングテストの測定値に比し競技会中の最高 LA が低くなる傾向が見られた。

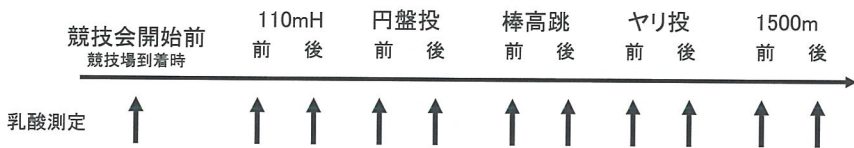
4. 考察

近年、実験室やフィールドにおける LA 測定は、測定器のコ

競技1日目



競技2日目



前: 競技前...ウォーミングアップ開始前
後: 競技後...競技終了直後

図1 十種競技競技会中の血中乳酸濃度測定プロトコール

ンパクト化や測定の簡易性もあり、特に長距離選手を中心に普及し、その報告も多くなされている (Billat et al., 1996; Bosquet et al., 2002). しかし、LA の高低のみで競技パフォーマンスを推し量ることは難しく、特にスポーツ場面において短距離的な活動や爆発的なパワーを必要とされる活動ではその利用価値は高いとは言えない (Green et al., 1995; Glaister et al., 2002). 陸上十種競技は大きなパワーを必要とする活動を間欠的に2日間にわたり行う競技である。先行研究により十種競技中のLAに関する報告がなされているが (Beaulieu et al., 1996; 金子ら, 2004), 競技中のLA変化を観察することに主眼がおかれており、選手たちの持つ体力的特性やエネルギー代謝の側面からの解明にはいたっていない。また、競技パフォーマンスと競技中のLA変化を観察した報告は無い。そこで、本研究においては、競技レベルの違う十種競技選手を対象に、競技会中のLA変化と、フルペダリングテストで得られたLA変化の比較検討により、十種競技競技中のエネルギー代謝が競技レベルにどのように影響を及ぼすかを明らかにすることを目的とした。

金子ら (2004) は、十種競技における各種目後のLAの動態を経時的に30分にわたり測定しているが、LA最高値は我々の2日間にわたる各種目終了時のLAデータとほぼ一致していた。今回我々は競技レベルの異なるG7とG6におけるLA動態の違いについても検討したが、終了後に両群で有意に差が見られた種目は、跳躍3種目 (走幅跳、走高跳、棒高跳) および走種目の400mであった。活動時の骨格筋細胞酸化と同期する乳酸の産生は、筋疲労に貢献するという考え方は古くからなされている (Sahlin, 1986). しかし近年、乳酸は単なる疲労物質でなくエネルギー源として存在しており、骨格筋内でグリコーゲンの糖分解の過程で一時的に出来て糖代謝を調節しているものだとする報告がなされた (Pedersen et al., 2004). つまり上昇するLAは、

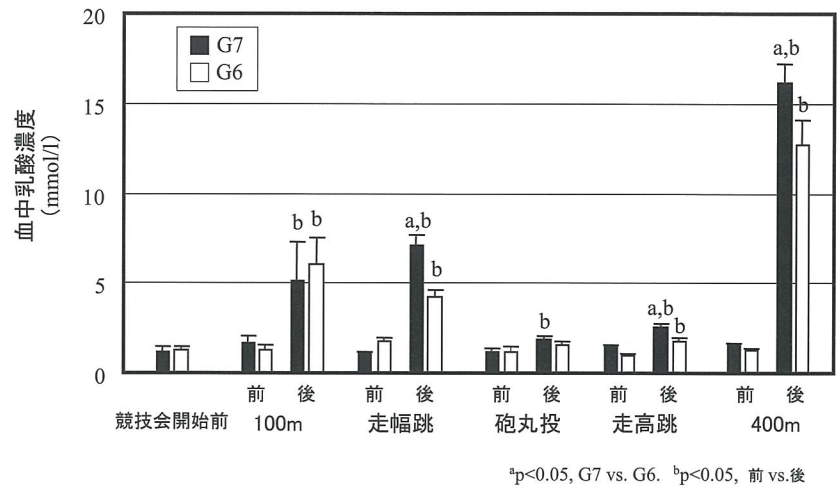


図2-A 十種競技競技会第1日目の血中乳酸濃度変化

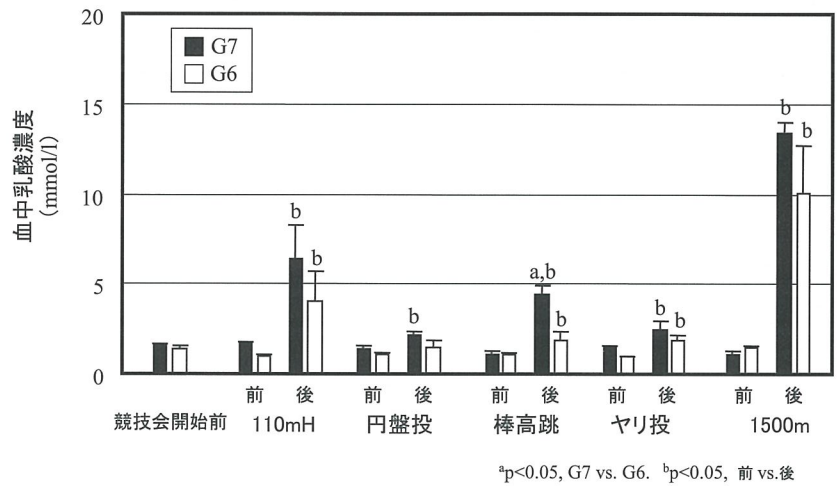


図2-B 十種競技競技会第2日目の血中乳酸濃度変化

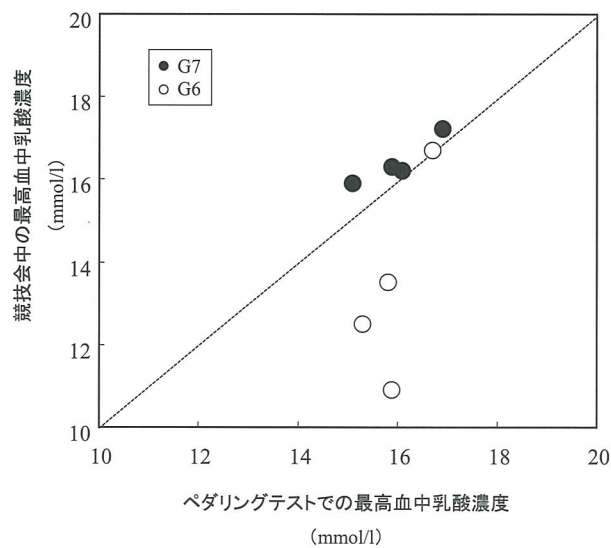


図3 十種競技会中とフルペダリングテストにおける最高血中乳酸濃度の関連

頻繁に乳酸がエネルギー供給系へ送り込まれている指標であると考えることが出来る。本研究のG6およびG7の400 mのベスト記録は $48''74 \pm 0''34$ および $49''89 \pm 0''58$ と競技パフォーマンスにも両群間に有意な差が見られたことは400 m単独種目における報告(Ohkuwa et al., 1995; Nummela et al., 1992)や、十種競技の先行研究(Beaulieu et al., 1995)とも一致する。すなわち、乳酸は400 mのパフォーマンスを制限する指標ではなく、筋活動時に最も重要なエネルギー源である糖の利用過程で生成されたものであり、競争後のLAが高いということは、糖の積極利用がなされた結果でありその後の乳酸の酸化も活発になる事が知られている(Hatta, 1990)。このことは、400 m終了後のLAが高値を示す選手ほど糖利用を積極的に行った選手であり、パフォーマンスも高いことを意味する。特に、十種競技においては400 m競争までにパワー種目を4種目(100 m, 走幅跳, 砲丸投, 走高跳)経ていることで、筋中の糖利用は進んでおり、その蓄積量は減少していると考えられる。競技レベルの高い十種競技選手は400 mにいたるまでの4種目での出力パワーはパフォーマンスの高さから考えると非常に大きい。この状況下で先行研究(Nummela et al., 1992; Gupta et al., 1999)に示されている単発での400 m終了時のLAと変わらない値を示したことは、本研究の十種競技選手の糖利用能力の高さをうかがうことができる。一方、他の走種目である100 m, 110 mHり1500 mでは競技会中のLAの結果と同様に、競技パフォーマンスにおいても両群間に差が見られない。十種競技種目のうち400 mに限りG7とG6の間に優位な差が出たことは、400 mでの糖利用能力が全体のパフォーマンスに影響していることが考えられる。

また、差が見られた3つの跳躍種目であるが、走高跳と棒高跳はその競技レベルによる競技時間の違いが関与していることが考えられる。しかし調査競技会における走高跳競技記録には、G6とG7の群間に有意な差が見られなかったこと。また走幅跳の競技は全選手が3回の試技を行うのみであり、競技時間の影響は加味されないことを考えると、跳躍種目における糖利用においてもその能力が優れていることが高パフォーマンスの一因になることが示唆された。

他に両群に差が見られなかった投擲3種目(砲丸投・円盤投・やり投)であるが、G7は競技開始前に比べ終了後に有意な上昇をしているものの、G6はやり投を除く2種目ではLAの上昇を観察することが出来ない。やはりこの結果も、活動に参加する筋の多少や、筋内での糖利用による爆発的なパワーの産生過程においてG7が優れていることが考えられる。

しかし、ここで問題となるのが競技前後および競技中の食物摂取のタイミングである。糖エネルギーの摂取およびその利用がLAに影響を及ぼすことは十分考えられ

る。本研究の競技会におけるタイムテーブルは競技1日目・2日目ともに午前10時より第1種目が開始され、各日の最終種目は午後5時付近であったが、各選手の食事の摂取タイミングに関しては調査しなかった。先行研究(桜井, 2000)では、競技力の優れている選手の方が食事を多くの回数に分け摂取している傾向が見られ、食物摂取パターンも競技力と関与していることが考えられる。G7の効率の良いエネルギー代謝様式は食事にも依存している可能性がある。今後の調査により明確に出来るかもしれない。

本研究で認められた十種競技選手の最高LAは先行研究や他のスポーツに比べても高値を示した(Beaulieu et al., 1996; 金子ら, 2004; Edge et al., 2006)。これは実験室で行われたフルペダリングテストと競技会中の両方に見られるもので、エリート十種競技選手では、LAの動態が競技成績に関与していることが考えられる。フルペダリングテスト時のLAと競技パフォーマンスの関係をみると、十種競技選手の400 mベスト記録の向上とフルペダリング時の最高LAの間には有意な関連が見出されている(桜井, 2006)。また、上昇したLAの血中からの消失も400 mタイムの向上と共に早くなる傾向がある(桜井, 2002)。十種競技1500 mにおいても、ペダリングテスト時の最高LAとの間に有意な関係が認められている(桜井, 2002)。このようにトレーニングに伴う最高LAの上昇はパフォーマンスの上昇に大きく影響する。今回の研究では、図3に示すようにG7の競技会中の最高LAとフルペダリング後の最高LAはほぼ同値、もしくは競技会中のほうが高値を示した。それに対しG6では実験室でのフルペダリング時に比べ競技会中の最高LAが低値を示したことは、G6の選手は本質的に備わっている糖代謝能力を競技会において発揮できていないことが明示されたといえる。年齢的に年長者のそろそろG7は競技暦も長く競技会における自らの身体のマネジメントに関してもG6競技者に比べ秀でている可能性がある。自転車ペダリングのような単調な力発揮様式の運動ではなく、競技中の専門技術の中で問うエネルギーを最大限に利用し、また乳酸をエネルギーとして再利用する能力を獲得するためには、高度な専門技術のトレーニングや競技会形式のエネルギー供給機構のトレーニングが必要であると思われる。それには多くの競技会を経験することも競技会中の優れた代謝能力の構築には重要である。

以上をまとめると、7000点を超える十種競技選手の競技会中のLAは、6000点台をベストとする競技者とは異なる動態を示すことが明らかになった。これは高いパフォーマンスを生み出す際の筋の糖利用能力の差によるものと考えられ、実験室におけるフルペダリングテストにおいてもその傾向は同様であった。LAを十種競技のような競技種目におけるトレーニングの指標として使

用する際は、パフォーマンスと比例した最高LAの上昇を目指すことが重要であると考えられた。また今回の研究により、十種競技競技会中における乳酸生成は、筋を中心とする体内の酸性化による疲労やパフォーマンス低下を引き起こす原因ではないことが示唆された。筋疲労は他の要因、例えばリン酸の蓄積なども原因として考えられ、十種競技のようなパワー種目の繰り返しにより構成された競技における疲労メカニズムの解明については今後の検討を待ちたい。

参考文献

- Beaulieu, P., Ottoz, H., Grange, C., Thomas, J., and Bensch, C. (1995) Blood lactate levels of decathletes during competition. *Br J Sports Med*, 29 : 80-4.
- Billat, V. (1996) Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. Recommendations for long-distance running. *Sports Med*. 22(3) : 157-75.
- Bosquet, L., Leger, L., and Legros, P.(2002)Methods to determine aerobic endurance. *Sports Med*. 32 (11) : 675-700.
- Edg, E. J., Bishop, D., Hill-Haas, S., Dawson, B., and Goodman, C. (2006) Comparison of muscle buffer capacity and repeated-sprint ability of untrained, endurance-trained and team-sport athletes. *Eur J Appl Physiol*. 96 (3) : 225-34.
- Glaister, M. (2005) Multiple sprint work : physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med*. 35 (9) : 757-77.
- Green, S., and Dawson, B. (1993) Measurement of anaerobic capacities in humans. Definitions, limitations and unsolved problems. *Sports Med*. 15 (5) : 312-27.
- Gupta, S., Goswami, A., and Mukhopadhyay, S. (1999) Heart rate and blood lactate in 400 m flat and 400 m hurdle running: a comparative study. *Indian J Physiol Pharmacol*. 43 (3) : 361-6.
- Hatta, H. (1990) Oxidative removal of lactate after strenuous exercise. *Ann Physiol Anthropol*. 9 (2) : 213-8.
- 金子今朝秋・中丸信吾・越川一紀・佐久間和彦・鯉川なつえ・仲村 明・濱名慶匡・澤木啓祐・吉儀 宏・河合祥雄 (2004) 十種競技における血中乳酸濃度の動態. 陸上競技研究, 59 : 37-43.
- Nummela, A., Vuorimaa, T., and Rusko, H. (1992) Changes in force production, blood lactate and EMG activity in the 400-m sprint. *J Sports Sci*. 10 (3) : 217-28.
- Ohkuwa, T., Itoh, H., Yamazaki, Y., and Sato, Y. (1995) Salivary and blood lactate after supramaximal exercise in sprinters and long-distance runners. *Scand J Med Sci Sports*. 5 (5) : 285-90.
- Pedersen, TH., Nielsenm, OB., Lamb, GD., and Stephenson, DG..(2004) Intracellular acidosis enhances the excitability of working muscle. *Science*, 305 : 1144-7.
- Sahlin, K.(1986) Muscle fatigue and lactic acid accumulation. *Acta Physiol Scand Suppl*.556 : 83-91.
- 桜井智野風 (2006) 最高乳酸濃度はトレーニングによって上昇するのか? 第2回乳酸研究会抄録集, 6-7.
- 桜井智野風 (2002) デカスロンにおけるコントロールテストの課題 -耐乳酸性テストに関して-. *Future Athletics*.1 : 13-16
- 桜井智野風・山本利春・松田克彦・小林敬和 (2000) 競技中の飲食物摂取パターンが十種競技パフォーマンスに及ぼす影響. 陸上競技紀要. 13 : 37-44.
- 繁田 進・有吉正博・渡辺雅之 (1993) 十種競技が生体に及ぼす影響-血液性状から見た特性-. 陸上競技紀要, 6 : 12-6.

競技者自身によるトレーニング実践研究の試み

佐伯徹郎¹⁾, 中山寛子²⁾, 加藤 昭¹⁾

Introduction of practical research for own training by athlete

Tetsuro Saeki¹⁾, Hiroko Nakayama²⁾, Akira Kato¹⁾

Abstract

The purpose of this study was to provide practical suggestions on more effective training, and more practically research method, by reporting athlete themselves research in middle- and long-distance running training. Subjects were three female college middle- and long- distance runners. The purposes of own research by each subject were to investigate on conditioning, effect of running training at race pace, improvement of running form by treadmill running, respectively. The target of each subject could not be achieved. As a result of analyzing training executed by subjects, principle of over load, gradual progress and continuance in training were not fulfilled. And, mental factors might have become obstructions in improving performance. To improve performance by research activity concerning own training by athlete, it was necessary to do the research activity thoroughly, and to verify it in a short term. In the future, by developing the present research, it is expected to give a lot of practical suggestions in training, and to be contribute to establishment of more practical research method.

キーワード：大学女子中・長距離走者，トレーニング，実践研究，

Key words: college women middle- and long-distance runners, training, practical research

1. 緒言

これまで，中・長距離走者の体力特性に関する研究は膨大な数にのぼり，それに比較すると多くはないが，バイオメカニクスの研究も盛んになっている．しかし，これらの研究で得られた知見は，中・長距離走の競技力の一面的な分析・評価にとどまり，実際の競技活動における複合的な問題を取り上げ，その解決法を示唆しているものは少ないように思われる．

陸上競技の実践活動に直接的に寄与する研究方法に関して，青山（2003）は，陸上競技の研究が体力論的観点と力学的・生理学的観点到集約されてしまうことの問題点を指摘し，日々のトレーニングにおいて選手と指導者との間で多くの時間を費やしている「コツとしての動き方」の問題に着目し，運動感覚的出来事を研究対象とする現象学的・人間学的研究の発展方向を示そうとしている．また，石塚（2005）は，指導現場に即した新たな研究，もしくは臨床的な研究の方向性を提示することを試

みた中で，観察やインタビューといった言語データに変換する作業を通して，新たな研究の可能性を探る必要性は高いと述べている．そして，指導現場への寄与を目指す研究の方法論として，医療領域において注目されてきているナラティブ・ベイスド・メディスンの方法論を紹介している．

このように，これまでの自然科学的なアプローチとは異なる研究方法による陸上競技研究が期待されているが，まだまだその数は少ない．本報告は，青山（2003）と石塚（2005）が論じているような方法論を一つの拠点としながら，実際の競技活動におけるいくつかの事例を中心に，トレーニング活動全体にわたって考えられる問題点を導き出すためのものである．よって，本報告では，競技者が自らの中・長距離走トレーニングの実践内容を研究対象とした試みについて報告し，より合理的なトレーニング実践に資する基礎的知見，さらに，実践研究の方法論に関する基礎的知見を提示することを目的とした．

2. 方法

本報告では，3つの事例を対象として展開していきたい．各事例の対象者は，自らのトレーニング実践を研究対象としても考え，トレーニング状況およびコンディション，そしてレース結果などに関する資料を詳細に収集し，指導者との間でディスカッションしていた．各事例の詳細については，「3. 結果および考察」について記述するため，ここでは，概略を示すのみにとどめる．

対象者は，大学陸上競技部に所属する女子中・長距離走者3名であった．各対象者は，自らのトレーニング実践を分析・評価するために，トレーニング日誌（コンデイショニング日誌：図1），レース結果，コントロールテスト結果などに関して資料収集した．

資料収集および分析・評価の対象期間は，おもに大学4年次の4月から10月までであった．

各対象者のトレーニング実践は，収集した資料を用いて，おもに以下に示す視点から評価し，その原因について考察した．

1) 日本女子体育大学 Japan Women's College of Physical Education 〒157-8565 世田谷区北烏山 8-19-1

2) 日本女子体育大学大学院 Master's Program in Japan Women's College of Physical Education

☆コンディション日誌☆月間目標:

氏名

H16年 月

日	ストレス(行事)					コンディション					ホルモン バランス感	体重 kg	体温 ℃	心拍 拍/分	睡眠 h	コメント
	Tr	生活	人間	部活	就活	体調	意欲	納得	疲労	集中	力み					
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
・																
・																
・																
・																
25																
26																
27																
28																
29																
30																
31																

図1. トレーニング・コンディショニングの資料収集に用いた日誌の例(事例③)

- ・目標(ねらった大会における順位・記録)は達成されたか?
- ・課題(体重管理, 走動作改善など)は解決されたか?
- ・トレーニング計画は実行されたか? 計画は妥当であったか?
- ・トレーニングの原理・原則に従っていたか?

これらの評価および考察を通して, より合理的なトレーニング実践に対する示唆を試みた。

3. 結果および考察

3.1 コンディション管理に着目した事例①

(1) 対象者の状況

事例①の対象者は, 大学3年次において体調を崩し入院した経験や, 体重オーバーの現状が競技力向上に対して大きな制限因子となっていると考えた。そこで, コンディション管理を重視したトレーニング計画を作成し, その実践について分析・評価することによって, 競技力向上に役立つ体重管理などのコンディショニングに関する基礎的資料を得ようとした。

(2) 収集された資料

事例①の対象者は, 年齢22歳, 競技歴10年, 身長157cm, 体重55kgであった。

競技目標は, 3000m 10'00"(前年までのベスト記録10'19"), 関東大学女子駅伝出場(1年次出場, 2・3年次補欠)であった。その目標を達成するために解決すべき課題として, 体重減少を重視した(目標値: 体重50kg, 体脂肪率20%)。

収集資料は, レース分析シートによるレース記録や主

観的な走感覚など, レーニング日誌によるトレーニングペースや走行距離など, コンディショニング日誌による体重や食事内容などであった。

(3) 事例①についての考察

対象者は競技目標を達成することはできなかった(3000m 10'21", 女子駅伝は補欠)。

その原因として, 重要なトレーニング課題であった減量の成果を出せなかったことを挙げた。図2は, 体重および体脂肪率, そして走行距離の推移を示したものである。6月の教育実習前後以外, 顕著な減少は認められず, 目標値(体重50kg, 体脂肪率20%)に至らなかった。月間走距離も最低500kmと計画していたが達成されず, 走トレーニングを補うような他の有酸素性運動も十分な量を実施しているとはいえない状況であり, 絶対的なトレーニング量が不足していた。

課題を解決するために必要なトレーニングが行なわれなかった理由としては, 設定した課題(体重減少)を解

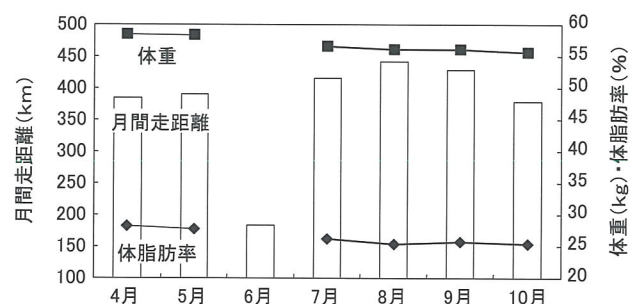


図2. 事例①の体重、体脂肪率、月間走距離の推移

決しようとする達成意識や、そのために必要なトレーニング、適切な食事などを実行する強い意志が不足していることなどのメンタル面を挙げていた。

このような考察から、事例①の対象者は、自らの競技活動に対する動機が高くなかったと振り返っていた。そして、目標達成につながるトレーニング実践への示唆として、トレーニングに限らず何事も、過負荷の原理、漸進性・継続性の原則といったトレーニングの原理・原則に従ったコンディション作りの生活化が重要であることをあげた。さらに、コンディション作りの生活化を実現するためには、当たり前のことであるが、競技への取り組み方に関する意識が高くないと目標達成につながる結果を出すことができないとまとめていた。

3.2 レースペース走（高強度トレーニング）の効果に着目した事例②

（1）対象者の状況

事例②の対象者は、これまでのレースにおいて後半に大きくペースダウンすることが多かったため、自らの記録向上のためには、レース前半の余裕度を高めることにより後半のペースダウンを抑えることが重要であると考えた。そして、レース前半の余裕度を高めるためには練習において実際のレースペースに慣らすことが有効と仮説をたて、レースペース走トレーニングを取り入れたトレーニング計画を作成し実行した。

（2）収集された資料

事例②の対象者は、ベスト記録（目標記録）が、3000 m 10'20" (10'00")、5000 m 18'10" (17'30")であった。記録の向上とともに、駅伝メンバーとして走りチームに貢献することを目標としていた。資料収集は、レースおよびトレーニングに関して、実際の記録、主観的運動強度（RPE）、コンディション指標（体調、集中度、疲労などを5段階評価）、走行距離などであった。また、レースペース走トレーニングに関しては、そのねらいが3000 m～5000 m レース前半のペースに慣らすことであり、負荷のかけ方は、2100 m または 1000 m (3'30")×2 を週1～2回実施するというものであった。そして、各トレーニング時には、タイム、RPE、心拍数（HR）などの資料を収集した。

（3）事例②についての考察

事例②の対象者は、目標記録（10'00"）を達成できなかった（10'24"）。しかし、トレーニング状況としては、レースペース走トレーニングにおける心拍数（HR）・主観的強度（RPE）の低下傾向などから、レースペースに対する余裕度は高まっていたと考えられ（図3）、走行距離の増大や（図4）、ポイント練習の達成度などから、4年間で一番充実したトレーニングになっていたと評価できた。

トレーニングは充実していたと評価されたが目標は達成されなかった理由として、まず、より高い負荷のレー

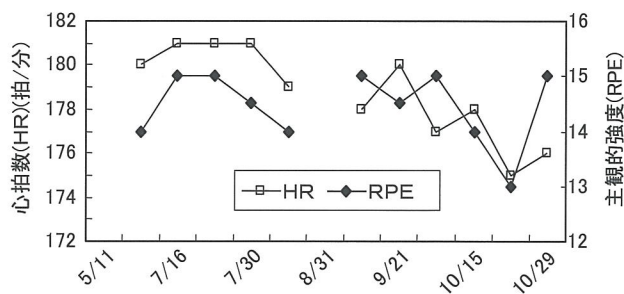


図3. 事例②のレースペース走トレーニングにおける心拍数と主観的強度の推移

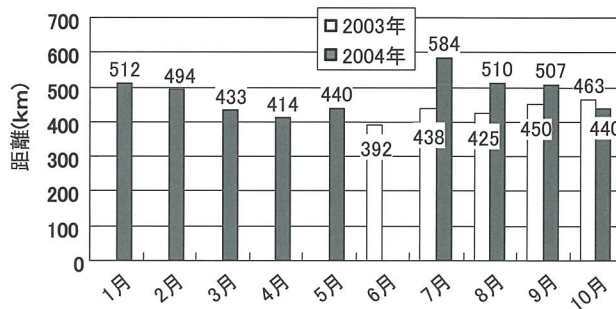


図4. 事例②の月間走行距離の推移

スペース走トレーニングの徹底不足を挙げた。例えば、1000 m×2 と分割しての実施が多かったが、2100 m による実施を徹底したり、さらに距離を伸ばすか（例えば3000 m）、設定ペースを上げるべきであった（例えば、3'20" で2100 m）と考えた。次に、トレーニングの充実度が高かったにも関わらず（例えば図4の走行距離の増大）、自信を持てなかったというメンタル的な要因を挙げた。走行距離（図4）、目標体重の維持、900 m 走でのチーム最高記録などというトレーニングの成果があったにも関わらず、「まだまだ、できていない」と思い込み、根拠の無い低い自己評価をしていたと振り返っていた。そのことが、レースペース走の負荷を高めることができない理由にもなり、結果として、目標としたレースに対して自信を持つこともできず、持っている力を出し切ることができなかったのではないかと結論付けた。

トレーニング実践への示唆としては、トレーニングにおける達成度は、前年と比較して高いレベルにあったこと、また、チーム内でも高いレベルにあったことなどを適切に前向きに評価し、思い切って高い負荷のトレーニングに取り組むべきであったことを挙げた。

3.3 トレッドミル走による走動作改善に着目した事例③

（1）対象者の状況

事例③の対象者は、自らの競技力向上のために走動作改善を重要な課題として設定した。その課題を解決するための手段としてトレッドミル走が有効であると仮説を立て、作成したトレーニング計画および実践内容について検討することを目的とした。

（2）収集された資料

事例③の対象者は、目標記録を3000 m 10'10" (ベスト記録10'20")とし、駅伝メンバーとしてチームに貢献することを目指していた。資料収集は、レースおよびトレーニングの分析・評価のために、タイム、走動作感覚、コンディション指標(集中度、疲労度、納得度)やストレス度などの5段階評価などであった。

事例③の重要なトレーニング課題は、走動作の改善であり、そのための手段として、トレッドミル走を用いた。負荷として、速度は10~14 km/hの範囲でビルドアップさせ、トータル20分、週2回実施することを計画した。トレッドミル走を用いた理由は、キックの意識を小さくでき、接地局面を意識しやすいこと、速いピッチ(脚さばき)を意識しやすいことなどであった。トレッドミル走トレーニングでは、主観的運動強度(RPE)、心拍数(HR)、走行中のピッチなどの資料を収集した。

さらに、トレーニングの達成状況を評価するために、コントロールテスト(900 m走, 3'20"ペース/1000 m)を月2~3回実施する計画を立てた。このテストでは、タイム、RPE、心拍数、走動作の主観的評価などに関して資料収集した。

(3) 事例③についての考察

事例③の対象者は、目標記録(10'10")を達成することはできなかった(10'24")。また、トレッドミル走トレーニングによる十分な走動作改善の成果も認められなかった。

目標達成に至らなかった理由の一つとして、トレッドミル走による過負荷の原理(ペースが遅過ぎた、頻度が少なかった)、意識性の原則(接地姿勢、速いピッチなど)が守られず、課題とした走動作の改善に至らなかったことを挙げた。そして、目標としたレースにマイナスの影響を及ぼした直接的な要因として、あるいは、計画したトレーニングが徹底して実行されなかったという間接的な要因として、精神的な要素であるストレス因子の影響を挙げた。

図5は、対象者の3000 m走レースの結果を、レース時のコンディション指標とともに示したものである。また、図6は、対象者が用いたストレス因子に関する項目の推移を示したものである。対象者は、10月下旬にある駅伝大会を最大目標として、9月下旬と10月中旬にあるレースで目標記録を達成することを目指していた。しかし、図5から、10/11のレースのタイムは目標を大きく下回り、駅伝選手として走ることもできなかった。そして、図6で示されたように、9月から10月にかけて、

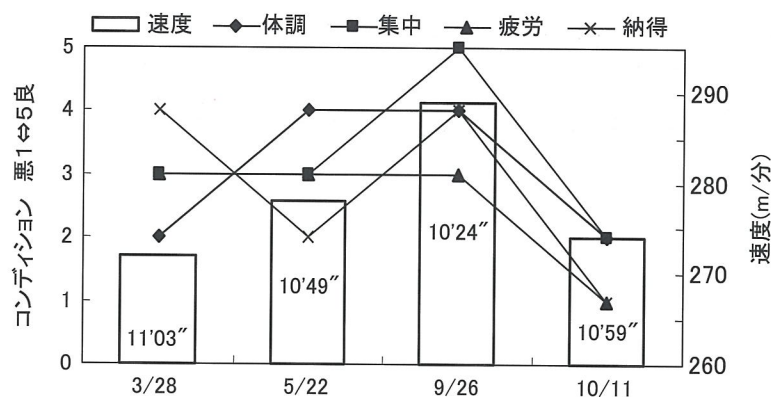


図5. 事例③の3000mレース結果(記録とコンディション指標)の推移

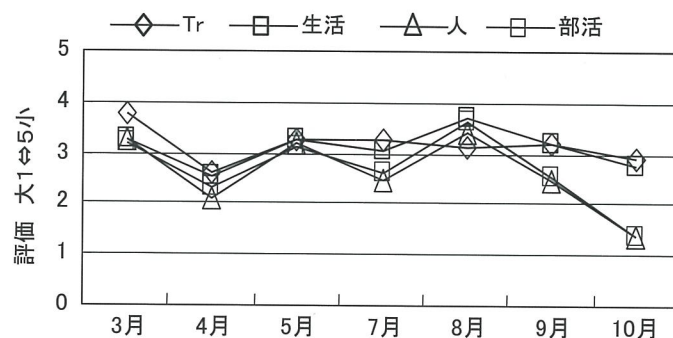


図6. 事例③のストレス因子の推移

て、対人関係(人)と部活に関してストレスが増大し、このことが目標達成を妨げたと考えた。

以上のような分析・評価から、競技力向上のためには、課題が解決されるだけのトレーニング計画の徹底した実行が必要であること、トレーニングを実行するにあたり、ストレスやメンタル面に影響されない、目標達成するための強い意志とストレス対応能力を持つことが必要であること、などを示唆した。

4. 大学女子中・長距離走者のトレーニング実践への示唆

本報告で紹介した事例は、長距離走者としての運動技能の習熟レベルが低い対象者であるといえる。そのために、目標達成のためには、計画の実行を徹底すること、競技に対する動機を高めることなど、いわば“当たり前”の結論を提示することに留まっている。

しかし、この“当たり前”のことを実践できずに目標達成できていない競技者も多く存在し、そのような競技者や指導者には参考になる知見を提示できたのではないかと考えている。特に、高校から大きく環境が変わり、学生競技者にとっては、自己管理の重要性和困難さが指摘されていることから(石川ら, 2004), 本報告を参考として、メンタル的な部分で制限を受けない大学女子中・長距離走者が増えることを期待したい。さらに、学生の競技力向上にとっては、学生生活の中で起きる様々な面

での対応が、速やかに適切に行えるように、競技活動全体を常に吟味する能力が必要であると考ええる。

今後さらに、習熟レベルの高い競技者（成功例）を対象としたり、さまざまなレベルとタイプの競技者に関する事例報告を蓄積することによって、各レベルおよびタイプの目標達成に役立つ（参考になる）より有効な知見を提示することができるものと考えられる。

6. まとめ

本報告では、競技者が自らの中・長距離走トレーニングの実践内容を研究対象とした試みについて報告し、より合理的なトレーニング実践に資する基礎的知見を提示すること、さらに、実践研究の方法論に関する基礎的知見を提示することを目的とした。

対象者は、定期的・継続的にトレーニングに取り組んでいた3名の大学女子中・長距離走者であった。3名の対象者は、それぞれ、コンディショニング管理、目標レースペース走によるトレーニング効果、トレッドミル走によるフォーム改善を重視したトレーニングに取り組んだ。対象者は3名とも目標達成できなかったが、分析・評価の結果、トレーニングの過負荷の原理、漸進性・継続性の原則を満たしていないこと、さらに、トレーニングの実行を妨げるメンタル的な要因のあることなどがパフォーマンス停滞の原因となっていることが示唆された。

なお、本報告では、競技者自らの分析・評価が競技力向上につながる事例を紹介することができなかった。その理由としては、対象者のトレーニングに関する理解不足や、トレーニングへの分析・評価の不足などが考えられた。改善策としては、例えば、月1回、必ずグラフ化した資料（視覚的な材料）などをもとに指導者や仲間とディスカッションを通して実行状況をチェックし見直すこと、そして、とにかく計画を徹底して実行（仮説検証）することなどが考えられる。

今後、このような事例を蓄積することによって、より合理的なトレーニング実践に資する知見を提示したり、競技者自らが実践研究として取り組むことの意義も含めて、実践研究の方法論を確立するための基礎的知見を提示していきたい。

参考文献

- 青山清英（2003）我が国の陸上競技研究における現象学的・人間学的研究の動向。陸上競技学会誌 1：17-29.
- 石川敬史・松生香里・豊岡示朗（2004）大学女子中・長距離選手の追跡的研究—1年間のトレーニングによる記録と生理学的指標の変化—。陸上競技紀要 17：20-29.
- 石塚 浩（2005）陸上競技の指導現場に寄与する事例研究への提言—ナラティブ・ベイスド・メディシンを

下敷きにして—。陸上競技研究 62：2-9.

スプリント走&スプリント走ハードルパフォーマンスの向上のための トレーニングの研究と実践

谷川 聡¹⁾

キーワード：スプリント，スプリントハードル，ばね，
動きづくり，姿勢

1. はじめに

スプリント走とスプリント走ハードルは、スピードだけでなくストライドとピッチの違いから異なる種目であると言われているが、2005年ヘルシンキ世界陸上の100mで優勝したガトリン（米）は以前110mハードル（以下、110mH）を専門としており、110mHで優勝したデュクレ（仏）は4×100mリレーの第一走者として出場し圧倒的なリードを奪って、優勝に貢献した。

世界一流選手において100mの最高速度は12m/秒、110mHは9.2m/秒である。また、100mのストライドは2.6m、ピッチは4.6歩/秒、110mHのインターバルのランニングのストライドは2.0m、ピッチは4.6歩/秒である。スプリンターは、ストライドを大きくするとともに、ピッチを高めることが求められる。110mHはスプリント走と比較して走速度が低く、12秒台の選手も14秒台の選手もスタートからゴールまで歩数は同じで、ピッチを高めることが大切であるとされている。本稿では、両種目をスピード曲線、ピッチ、ストライド、ジャンプ能力などのばね的要素と姿勢などの観点から、両種目の研究をふまえ、実際のトレーニング方法などに関して論じてみたい。

2. スプリント走における速度局面に関する研究

これまでのスプリント走についての研究から、加速、速度維持、減速局面についての研究をあげると以下のようになる。

＜加速局面＞

- ・0～20m区間でピッチが急激に増加し、ストライドも増加（阿江ら，1994）
- ・20～40m区間でストライドが増加（阿江ら，1994）
- ・支持期の股関節最大伸展速度および接地直前の振り戻し速度と疾走速度の間に正の相関関係（伊藤ら，1994）
- ・膝関節角度120度の状態からのジャンプ試技における最大筋力発揮の相対的ピーク値と疾走速度（2.5m地点）の間に正の相関関係（Young et al., 1995）
- ・大腿直筋で回復期前半に、大腿二頭筋で回復期中間か

ら支持期中間にかけて、伸張－短縮サイクル（SSC）の筋活動が観察される（馬場ら，2000）

＜等速局面＞

- ・ピッチを維持し、ストライドを増加させることで疾走速度を高める（森丘ら，1997）
- ・脚全体の最大後方スウィング速度と疾走速度の間に正の相関関係（伊藤ら，1998）
- ・回復期後半に膝関節屈筋群の発揮する負のトルクパワーが疾走速度の制限要因となる（Chapman et al., 1983；阿江ら，1986）
- ・回復期後半に膝関節屈曲トルクが、大腿二頭筋の股関節伸展トルク発揮に伴って副次的に生じる（馬場ら，2000）
- ・伸張短縮サイクル（SSC）能力が最高疾走速度に大きな影響を与えている（Young et al., 1995）
- ・二関節筋は回復期ではeccentricに、支持期ではconcentricに働く（Simonsen et al., 1985）
- ・大腿上部（70%部位）における内転筋群の横断面積と100mのタイムに有意な負の相関関係（狩野ら，1997）
- ・最高疾走速度時の筋電図（Mero et al., 1992）

＜減速局面＞

- ・疾走速度の低下の主な要因はピッチの減少（金子ら，1975；中野ら，1991；阿江ら，1994）
- ・回復脚の大腿角度が減少（金子ら，1975）
- ・脚の接地位置がより前方になりブレーキが大きくなる、キック動作が膝屈伸型になる（森丘ら，1997）
- ・回復期前半の脚を引きつける股関節屈曲トルクによる仕事が減少（Ae et al., 1989）

以上のことから、走速度を高める要因として、

- ・高いピッチの獲得とその維持
- ・回復期後半から支持期前半における高い股関節伸展角速度・支持期における膝・足関節角度の固定
- ・回復期後半から支持期における股関節伸筋群（加速）
- ・回復期前半における股関節屈筋群および回復期後半から支持期前半における膝関節屈筋群（速度維持）
- ・大腿直筋、大腿二頭筋のSSC能力

以上の研究報告から、脚の切り替え動作を意識した動きのトレーニングを行うとともに（脚の引き込み、挟み

1) 筑波大学 茨城県つくば市天王台1-1-1 筑波大学体育科学系

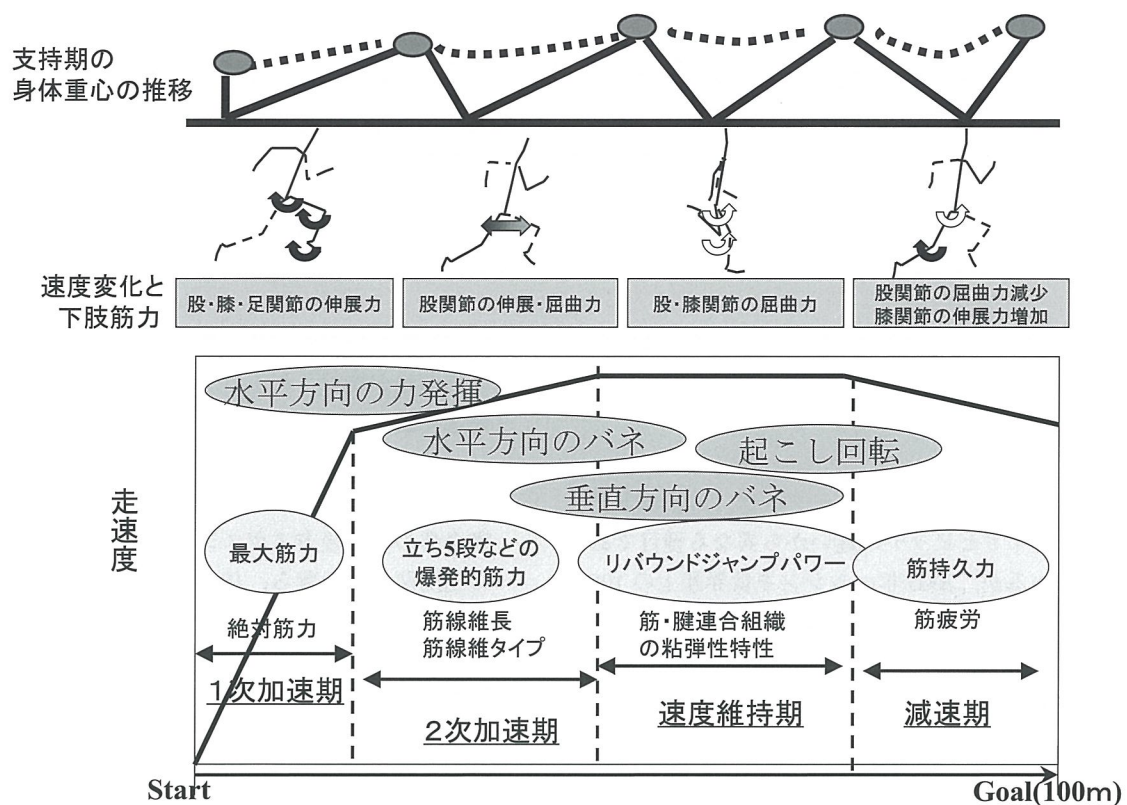


図1 スプリント走における走スピード変化と各局面の主要体力要素および身体的特性(安部・深代, 1998より引用 谷川改変)

込み), バーベルを使った筋力トレーニング, 股関節まわりの筋群を使ったトレーニングおよび膝関節屈筋群のエキセンリックな筋収縮を利用したトレーニングを行うこと, SSC能力を高めるジャンプ系のトレーニングなどの必要性が指摘されてきた。動作としては, より速く走るためには, 支持期の膝・足関節を固定して, 脚全体をスウィング系の動きにして脚のスウィング速度を高めることが大切である(伊藤, 2001)と考えられている。しかし, 実際のトレーニングでは, そのまま主観的解釈に置き換えて, 関節を固定し脚全体を手前にスウィングする意識で走ると, 上手くいかないことが指摘されている(小田, 2001)。実際には, その動作ができている選手達は見えている現象を努力して行ったのではなく, そのような動作が発生するように姿勢のとり方を変化させながら, 選手それぞれのコツをつかんでいると考えられる。カールルイスのコーチであったトム・テレッツ氏も, その場でももを引き上げ, 真下に踏みつけるという膝の屈曲伸張動作(ピストン系の動き)をおこなわせることで, すばやいスウィング系の動きを導いていたと考えられる。したがって, 指導者と選手は, 個人の特徴を客観的データによって, 見抜きながら能力改善を図っていく中でト

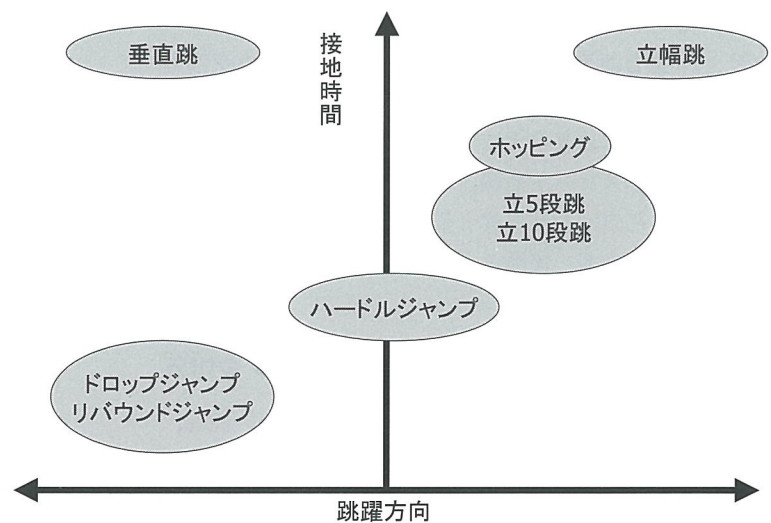


図2 ジャンプトレーニングの種類
～方向と発揮時間～

レーニングの方向性を決め, 試行錯誤しながら日々のトレーニングをおこなっているのが現状であろう。

3. 100 m 走のスピード曲線と主要体力

100 m レースは図1のように, スピード曲線からしばしば1次加速期, 2次加速期, 速度維持期および減速期の4つの局面に区分され, 主要体力要素および身体的特性が考えられる(安部・深代, 2002)。また, 110 mH に

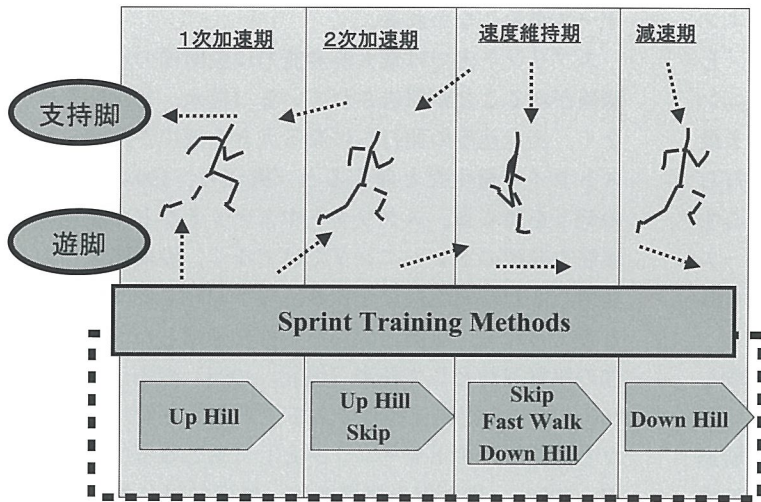


図3 脚全体（支持脚および遊脚）をさばく方向感覚とトレーニング方法
・・・体幹姿勢を考慮に入れて・・・

においても、1台目までの速度増加が最も大きく、最高疾走速度が2～3台目に出現し、競技力の高い選手ほど高い速度が維持されることが報告されており（宮下，1993）、100 m 走とほぼ同様のスピード曲線が描かれ、体力要素および身体的特性が当てはまると推察される。

トレーニングのアプローチとしては、単純にこれらの主要体力を個々に鍛えることもひとつであるが（例えば、一次加速局面に対してはウェイトトレーニングをおこなう）、選手の身体的能力とトレーニング状態を把握しながらトレーニングを組み合わせることが重要であると考えられる。特に100 m および110 mH においては、動的・ばね的筋力を高め、動きづくりおよび姿勢の改善をおこない、それらのトレーニングの組み合わせを考えることがカギとなると考えられ、現在トレーニングの現場でおこなわれているトレーニングについてこれまでの研究報告を考慮しながら、実際のトレーニングの行い方を再考してみたい。なお、本稿では、日本トップの100 m（A選手：10"02，S選手：10"03）と110 mH（T選手：13"39，N選手：13"47）のアテネオリンピック日本代表選手を各2名取り上げ、選手の特長とトレーニングの手段について考えてみたい。

3.1 ジャンプトレーニング

ばね的筋力の改善を図るためジャンプトレーニングが実践されるが、図2に示すように、ジャンプトレーニングでは力発揮方向と発揮時間を考慮に入れなくてはならない。力発揮方向として、垂直系のスクワットジャンプやハードルジャンプ、水平系の立幅跳び、立5・10段跳びなどがある。110 mH のT選手とN選手のレースパターンを比較してみると、110 m レース前半をT選手が、中盤から後半をN選手が得意とする。両選手のスプリント走能力はほぼ変わらないものの、N選手はT選手

と比較して、ドロップジャンプ能力（リバウンドドロップジャンプ、ハードルジャンプ）が高く、立5段とび（バウンディング）はT選手は、N選手より高い。つまり、図1に対応し、記録の違いがそれほどない2選手（T選手：13"39，N選手：13"47）でも、T選手は前半型、N選手は後半型のレースパターンであることが2種類のジャンプ能力によって判断できる。これは、記録向上のために、力発揮方向と発揮時間をトレーニングの視点に加えることの必要性を示唆するものである。

3.2 姿勢および体幹のアライメント

100 m の選手のA選手とS選手（A選手：10"02，S選手：10"03）を比較すると、S選手はA選手よりリバウンドジャンプ能力が高いことから、ばね的特性

からはS選手が後半型になりそうだが、実際のレースでは、A選手が後半型である。伊藤ら（1994）は、黒人の世界一流スプリンターは後半型であること、Bloomfield（1997）は、黒人のスプリンターの姿勢に関して脊柱のS字曲線が強く、骨盤が前傾していることを報告している。このことから、ばね的要素以外の要因が、レース後半の速度維持に関係していると考えられる。つまり、レースパターンに、疾走時の体幹部のアライメントが関係し、疾走時の体幹部の動きが下肢のばね的要素や起こし回転を有効に並進方向へ身体を進める働きをしていると考えられる。

3.3 力発揮方向と姿勢を変化させるヒルトレーニン

姿勢を変化させやすいトレーニングとして、アップヒルおよびダウンヒルトレーニングはスプリント走およびスプリントハードル走のトレーニングとして最もポピュラーなトレーニング手段である。本稿では、このトレーニングを力の発揮方向と姿勢のトレーニングとして考えてみたい。

アップヒルランニングは、加速局面で重要である前傾姿勢を長い時間維持し、地面への力発揮方向を確認することができると考えられる（Giorgios,2001）。前傾姿勢をどれくらいかけるかで、効果が変わってくるが、アップヒルランニングは、接地時間の増加および滞空時間が短縮すること、股関節の伸展トルクパワーおよび膝関節の伸展トルクパワーの増加させること、支持中期に膝関節が屈曲位になること、膝関節の屈曲トルクパワーが低下することなどが報告されている（Giorgios, 2001；横澤ら，2003）。こうしたことから、アップヒルトレーニングを用いることで、前傾姿勢でのパワー発揮の改善が図られ、スタートダッシュからの加速能力を改善するのに有効であると考えられる。近年、S選手をはじめ、多

くの日本のトップスプリンターがアップヒルトレーニングを実践し、加速局面の改善が図ったと考えられる。しかし、そのトレーニングを続け過ぎて、レベルランニング（平坦な地形でのランニング）でも前傾姿勢のまま最高速度局面を迎えがちになることから最高速度の頭打ちになるだけでなく、ハムストリングスの肉離れを起こすケースが増えているようだ。また、アップヒルトレーニングにおいては、ふくらはぎへの過度のストレスから膝裏、下腿のケガがおきやすいと推察される。

ダウンヒルランニングは、レベルランニングと比較し姿勢が垂直位になること、接地時間が短縮し、滞空時間が増加し、ストライドが大きくなり、下肢の屈曲伸展速度増加すること、股関節および膝関節が伸展位で着地すること（Giorgos, 2001）、さらに膝関節の屈曲トルクパワーが大きくなることが報告されている（Buczek & Cavanagh, 1990）。最高速度出現区間での接地に関しては、短い時間により大きな力を発揮することが重要であるとされている（福田・伊藤, 2004）。したがって、高い速度でのダウンヒルランニングは、速度維持区間の姿勢である垂直姿勢で、脚が後方に流れないようにする動作（シザース動作）と接地の仕方の改善が期待されることから、この局面のトレーニングとなると考えられる。さらに、ダウンヒルによる超最大速度に対して、動作のタイミングの改善によってピッチが高まり、それが保持されるようになり、最高疾走速度のさらなる向上も期待できよう。これらのことから Leierer（1979）が指摘したように、アップヒルトレーニングではストライドを増加、ダウンヒルトレーニングではピッチの増加が期待できよう。

このように、ある局面を強化するために、ヒルトレーニングを目的に行うことはできる。しかし、忘れてはならないのは、ヒルトレーニングの感覚をレベルランニングでも獲得し、理想的な姿勢のとり方を学習することである。理想的なレベルランニングの姿勢および動作に対して、レースのどの局面に焦点を当て、なにをどう改善するかによって、前傾姿勢や坂の傾きを変化させながら、複合的にトレーニングをおこなうことが重要である。

3.4 スプリントドリル

図3は、筆者が、姿勢によって、筋肉がどのように働くかを全身動作の中で支持脚と遊脚の動作タイミングと考えて、一連のレースの中に実際におこなわれているスプリントドリルをあてはめた。矢印は、選手がどの方向に意識的に両脚を捌いているかを矢印の方向で示している。言い換えれば、選手が体幹部分に対して脚全体をどの方向に運び、両脚をどこで挟み込み（シザースする）をイメージしているかということである。加速局面は、体幹に対しより大腿を引き上げ、支持脚を後方へキックし、身体の前方で脚のシザースがおこなわれる。最高疾走速度局面は、支持脚は真下に振り下ろし、遊脚は後方へ流れないように前方へ引き出し、身体の下で脚のシ

ザースがおこなわれる。

スプリント走では最大疾走能力は股関節の屈曲能力と関係があることが報告されている（福永, 1988）だけでなく、疾走速度の頭打ちになる大きな理由が、オーバーストライド発生だと考えると（阿江ら, 1994）、ピッチの低下を防ぐ為、スクワットやスナッチなどの股関節伸展筋力発揮のトレーニングだけでなく、股関節屈曲力を発揮しながら両股関節を挟み込むトレーニングが必要だと考えられる。股関節の屈曲動作を強調したシザース動作の移動運動として競歩（法元, 1998）があげられるが、100 m の日本記録保持者である伊東選手は競歩やスキップを短距離走のトレーニングとしておこなっていた（杉田, 2000）。最大疾走局面では、地面に対し垂直に近い姿勢で、短い時間で大きな力発揮でおこなわれており、体幹全体の傾斜などによってバランスをコントロールするのではなく、四肢のすばやい動きを引き出すための細かい体幹の使い方およびバランスが重要になると考えられるため、速歩やスキップがトレーニングとして考えられるであろう。

また、S字のアライメントや速歩およびスキップなどのトレーニングから考えると、ハムストリングスの拮抗筋をこれまで考えられていた大腿四頭筋ではなく、腸腰筋および大腿直筋としてとらえてトレーニングすることが重要になると考えられる。すなわち、これまでの下肢のみのスプリント走の研究から考えてしまうと、大腿の前面と後面のバランスに視点が置かれ、ハムストリングスと大腿四頭筋が拮抗筋になりがちだが、小林（1998）はウォーキングの研究から股関節を中心に全身のバランスを考え、胸椎および腰椎を中心に脚を捉える視点が大切であるとした。また、スプリンターの腸腰筋および内転筋の横断面積が最高疾走速度と正の相関関係が見られることが報告されている（狩野ら, 1997）ことなどから、股関節を中心とした脚全体の屈曲伸展動作を、「ハムストリングス+内転筋」と「腸腰筋+大腿直筋+内転筋」との関係で考えることが重要であろう。その視点からみると、先述のS字アライメントが影響しながら、スプリント走時に体幹動作が生まれていることが推察される。

これまで、スプリントドリルとして、ももあげやスキッピングトレーニングによるスプリント能力の向上が報告されているが（尾縣ら, 1987；民内ら, 1988）、上記のようにレース局面を考慮に入れて、動き作りを体幹の姿勢と脚の位置関係から、スプリントドリルに関しては検討されていない。速歩およびスキップでは、姿勢およびリズムの違いはあるものの、大腿部を大きく振り上げず、脚を後方へ流さない動きであり、よりスピードを高めることで両脚の挟み込みを強調した動作になることが共通する。疾走速度が高まるほど、四肢の動作は大きくなるが、姿勢の変化から体幹の真下近くで小さな振幅ですばやく脚を捌かなくてはならないと考えられる。この

ように現在行われているスプリントドリルをレース時のある局面の姿勢から分析し、それぞれのトレーニングとして類推することが重要になろう。

4. 最後に

2004年のアテネオリンピックで劉翔は男子トラック種目でのアジア人として初めて金メダルを獲得した。彼は、上海においてジュニア期から陳雁行（1998年バンコクアジア大会：金メダル）らとトレーニングをおこなってきたが、目をひいたのは、スポーツ医学の視点からは、ケガにつながる姿勢を保持したままの体幹部のトレーニングであった。すなわち、Bloomfield(1997)が報告したような黒人のスプリンターの姿勢でない劉翔が、障害をおこさないように補強トレーニングをおこなうのではなく、理想の動きをするための姿勢の強化・矯正トレーニングを行っていたのである。スプリンターもスプリントハードラーも、ピッチとストライドを高めるのではなく実際には最高速度でその相互関係を探り、最適化を図るとき、意識的か無意識的に体幹（骨盤を含む）で姿勢を変化させているはずである。今後は、筋力だけでなく、大きな関節力を生む姿勢をつくる重要な部分としてこれまで研究分野の対象となりにくかった体幹の使い方に着目していくことが重要であろう。

〈引用文献〉

- 安部 孝, 深代千之 (1998) ある仮説：スプリント走における各局面の主要体力要素の研究。バイオメカニクス研究, 2: 316-317.
- 阿江通良, 宮下 憲, 横井孝志, 大木昭一郎, 渋川侃二 (1986) 機械的パワーからみた疾走における下肢筋群の機能および貢献度。筑波大学体育科学系紀要, 9: 229-239.
- Ae, M., Iiboshi, A., Miyashita, K., Ooki, S. (1989) Change in functions of the lower limb muscles in 100 m sprint. Proceedings of The XII International Congress of Biomechanics, Los Angels: p.313.
- 阿江通良, 鈴木美沙緒, 宮西智久, 岡田英孝, 平野敬靖 (1994) 世界一流スプリンターの100 m レースパターンの分析—男子を中心に—。世界一流陸上競技者の技術, 佐々木秀幸, 小林寛道, 阿江通良(監修), ベースボール・マガジン社, 東京: 14-28.
- 馬場崇豪, 和田幸洋, 伊藤 章 (2000) 短距離走の筋活動様式。体育学研究, 45: 186-200.
- Bloomfield, J. (1988) Posture and Proportionality in Sport Training in Sport Applying sports science: pp.145-188.
- Buczek, L. and Cavanagh, R. (1990) Stance phase knee and ankle kinematics and kinetics during level and downhill running. Med. Sci. Sports. Exerc., 22: 669-677.
- Chapman, A. and Caldwell, G. (1983a) Factors determining changes in lower limb energy during swing in treadmill running. J of Biomechanics, 16: 69-77.
- Chapman, A. and Caldwell, G. (1983b) Kinetic limitations of maximal sprinting speed. J of Biomechanics, 16: 79-83.
- 福田厚治, 伊藤 章 (2004) 最高疾走速度と接地期の身体重心の水平速度の減速・加速：接地による減速を減らすことで最高疾走速度は高められるか。体育学研究, 49: 29-39.
- 福永哲夫 (1988) トレーニングに関するアイディア。トレーニング科学研究会編競技力向上のスポーツ科学 IV: 東京: pp.235-253.
- Giorgos, P. and Carlton, C. (2001) Kinematic and postural characteristics of sprint running on sloping surfaces. J of Sports Sciences, 19: 149-159.
- 法元康二, 阿江通良 (1998) 日本一流男子競歩競技選手の歩行動作に関する研究—第7回高島競歩男子20 km 競歩における入賞者の動作分析から—陸上競技紀要, 11: 3-9.
- 伊藤 章, 斉藤昌久, 佐川和則, 加藤謙一, 森田正利, 小木曾一之 (1994) 世界一流スプリンターの技術分析。世界一流陸上競技者の技術, 佐々木秀幸, 小林寛道, 阿江通良(監修): ベースボール・マガジン社, 東京, pp.31-49.
- 伊藤 章, 斉藤昌久, 淵本隆文 (1997) スタートダッシュにおける下肢関節のピークトルクとピークパワー, および筋放電パターンの変化。体育学研究, 42: 71-83.
- 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: pp.260-273.
- 金子公宥, 北村潔和 (1975) 100 m 疾走中のスピード変化に関係する要因のキネシオロジー的分析。体育の科学, 25: 109-115.
- 狩野 豊, 高橋英幸, 森丘保典, 秋間 広, 宮下 憲, 久野譜也, 勝田 茂 (1997) スプリンターにおける内転筋群の形態的特性とスプリント走能力の関係。体育学研究, 41: 352-359.
- 小林寛道 (1998) レースウォーキングの新技术論とその応用「コア・ストレッチ・ウォーキング」への発想。体育の科学, 48: 561-566.
- Leierer, S (1979) A guide for sprint training. The Athletic J., 59: 104-106
- Mero A, Komi PV, Gregor RJ (1992) Biomechanics of Sprint Running. Sports Medicine, 13: 376-392.
- 宮下 憲 (1993) 110 m ハードルレースにおけるモデルタッチダウンタイムに関する研究。陸上競技研究,

14:10-20.

- 森丘保典, 阿江通良, 岡田英孝, 高松潤二, 宮下 憲
(1997) 100 m 疾走における下肢動作の変化の分析
—下肢動作動作検出装置の開発と応用—. Jpn J
Sports Sci., 16: 111-118.
- 中野正英, 尾縣 貢, 伊藤道郎, 吉武信二 (1991) 100
m レース後半の疾走速度逡減を規定する動作要因
の検討. 陸上競技研究, 6: 2-7.
- 小田伸午 (2001) 身体運動における右と左. 京都大学学
術出版会: 京都.
- 小木曾一之, 安井年文, 青山清英, 渡辺健二 (1998) 全
力疾走時の速度変化に伴う支持脚各部の機能の変化.
体力科学, 47: 143-154.
- 尾縣 貢, 生田香明, 猪熊 真, 関岡康夫, 大山良徳,
近藤潤 (1988) スキッピングトレーニングが体力,
疾走能力, 疾走動作に与える効果. 体育学研究, 33:
69-78.
- Simonsen EB, Thomsen L, Klausen K (1985) Activity of
mono- and biarticular leg muscles during sprint
running. Euro J Applied Physiology, 54: 524-532.
- 民内利昭, 加藤修司, 広橋義敬, 金原 勇 (1988) 陸
上競技の指導法の研究—短距離走の効果的指導, 現
場からの報告—. 日本体育学会第 39 回大会号. p.691.
- 谷川 聡, 宮下 憲, 高松潤二, 安井年文, 金子公宏 (2002)
ハイハードル走のインターバルランニングに関す
る研究. スプリント研究, 12: 43-53.
- Volkov NI, Lapin VI (1979) Analysis of the velocity
curve in sprint running. Medicine and Science in
Sports, 11: 332-337.
- Young W, McLean B, Ardagna J (1995) Relationship
between strength qualities and sprinting performance.
The journal of Sports Medicine and Physical Fitness
35: 13-19.
- 横澤俊治, 藤井範久, 榎本靖士, 阿江通良 (2003) 上り
坂における長距離走動作のキネマティクスの特徴.
バイオメカニクス研究, 7: 30-42.

反射活動は調節される ～中潜時・長潜時伸張反射に着目して～

小木曾一之（皇學館大学教育学科）

Medium- and long-latency stretch reflexes can be modulated by various background conditions

Kazuyuki Ogiso, Ph.D (Dept.of Education, Kogakkan University)

1. 反射活動

我々がある目的を持って行動する時、そこには多くの不随意運動が含まれ、それらはその随意運動を効果的に遂行するため貢献する。そのような不随意運動の代表は、「受容器や感覚器に達する内的あるいは外的な刺激に対し、筋などの効果器で生み出される不随意で安定した自動化された反応」(朝岡正雄, 1993) と定義される反射活動である。

反射活動には、頭の回転運動を感受する三半規管と重力や加速度を感受する耳石器からなる前庭器官に基づく姿勢制御や視野の安定性に役立つ反射、上位中枢と脊髄をつなぐ中脳、橋、延髄からなる脳幹を介する顎・顔面に関わる反射、そして受容器からの求心性入力が脊髄を経由し、その受容器に与えられている刺激を基本的には軽減するよう効果器に作用する脊髄反射など、様々な器

官あるいは神経レベルが関与するものがある（西野と柳原, 2001；石川友衛, 1998, 表 1）。姿勢の維持などは、これらの反射の総合的な作用であり、また上位中枢がそれらに関与することによってなされる（交叉性伸展反射、緊張性頸反射、緊張性迷路反射等）。実際、睡眠によって大脳皮質の活動が低下すると、起立した姿勢を保持（起立性姿勢保持反応）できなくなることは、誰しも理解できるであろう。

2. 伸張反射

伸張反射は、このような反射活動の中で最も基本的なメカニズムを持つ（図 1 左）。伸張反射は、筋が伸張されることにより、筋紡錘が興奮し、その活動電位が Ia 求心性神経を通じ、脊髄内で 1 つのシナプスを介して α 運動ニューロンに伝達されることで、最終的に該当する筋を収縮させる。これは、筋、腱、その他の組織自体が

表 1 反射活動の例

前庭感覚によるもの	
前庭眼反射	頭部が振れた方向と逆に眼球が動くことで、見ていたものをそのまま網膜上に保持し、視野を安定させる
前庭脊髄反射	頭部の動きに対する前庭入力が脊髄の運動ニューロンに投射されることで、頸、体幹、下肢の筋緊張が生じ、身体の転倒を防止するための姿勢調節が行われる
前庭頸反射	頭部が振られると、その回転に逆らうように、頸部の筋が緊張し、頸を安定させる
脳幹を介するもの	
瞬目反射	目の周辺に急に物が現れたり、機械的刺激が与えられるとまぶたが閉じられる
咳・くしゃみ反射	気道粘膜の刺激により、口腔、咽頭、喉頭、胸郭、腹壁の筋が順次収縮し、咳やくしゃみを起こす
前庭眼反射	上記参照
前庭脊髄反射	上記参照
脊髄反射路を経由するもの	
伸張反射	筋が急激に伸張されると、その筋を収縮させるように働く
逆伸張反射	（とりわけ、能動的な筋収縮によって）腱にかかる張力が増加すると、その張力を減らすように、筋の張力を減少させる
関節受容器による反射	骨膜、関節包、靱帯に分布する関節受容器からの入力によって、関節を保護するように、屈筋の収縮と伸筋の弛緩を生じさせる
皮膚反射	足底の圧覚や触覚に基づき、姿勢の調節に貢献する
屈曲反射	筋・関節・皮膚に分布する自由終末をもつ侵害受容器や温度受容器が感知する痛さや熱さの刺激から逃れるように、四肢を屈曲させる
交叉性伸展反射	強い刺激により屈曲反射が生じる時、その反対側の肢で伸展が生じ、姿勢を維持する

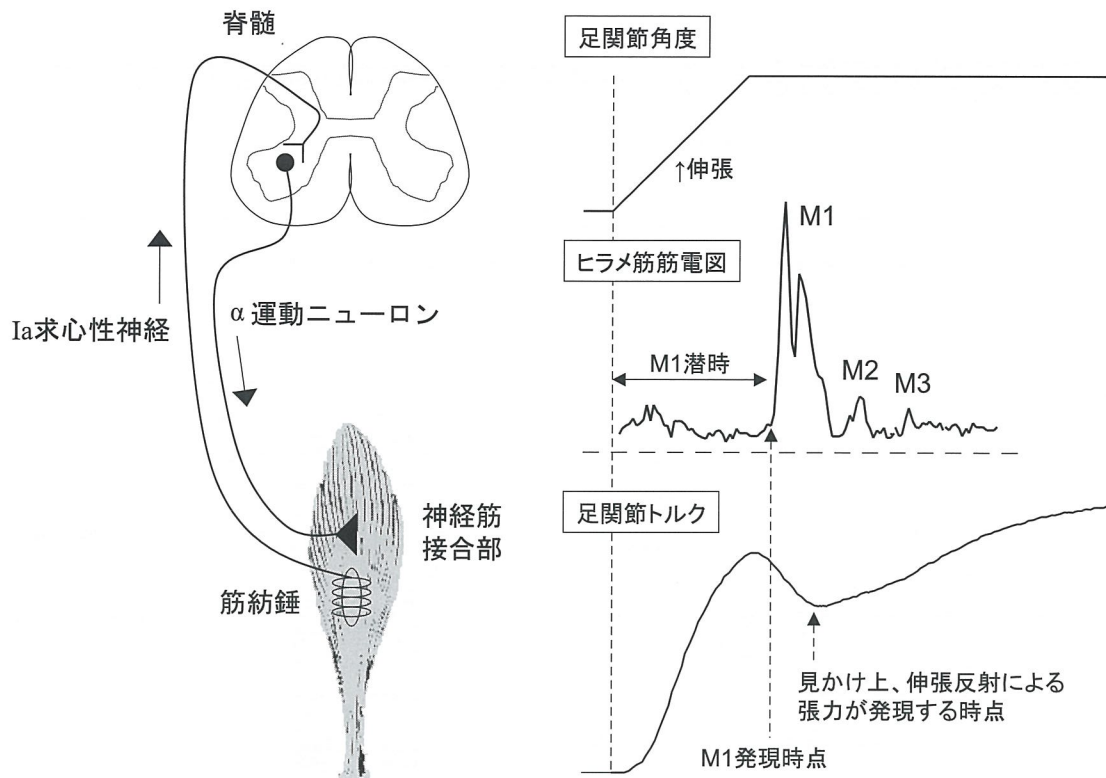


図1. 伸張反射における反射経路の模式図(左)とそれに伴う筋放電とその出力(右). 伸張反射は、ヒラメ筋から抽出されたもの. ここでは、全波整流した筋電図を加算平均したものが示されている. 筋放電は、筋の伸張後、ある一定の遅れを持ってM1, M2, M3と発生する. 背屈された足関節では、伸張反射の筋放電が生じる前に第1の出力ピークが生じ、その後、筋放電が発現した後、第2のピークが生じる. 最初の出力は、筋腱複合体の特性や動かされた足部の慣性によるものと考えられ、筋腱複合体の伸張にほぼ並行する. 第2のピークは、伸張反射により生み出されたものと考えられている.

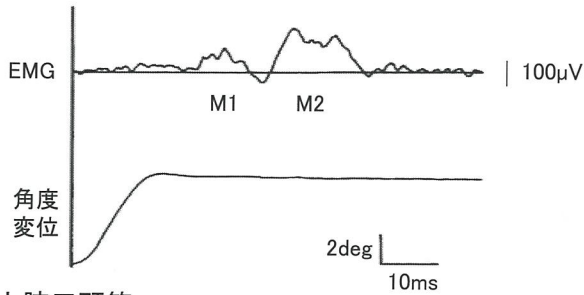
持つ弾性ととも、予期せぬ外乱に対する筋腱複合体の防御メカニズムの1つである (Latash, 1998). また、伸張反射は、立位時や歩行時の姿勢の維持・調節などに対しても重要な役割を果たす (Nashner, 1976; Koceja et al., 1995; Grey, 2001) とともに、身体運動のパフォーマンスに対しても、筋硬度を高め、続く随意運動による筋腱複合体のパフォーマンスを向上させる役割を担う. さらに、随意運動のベースを作るといった側面だけでなく、伸張反射により生じる張力自体も、ジャンプにおける出力に大きく影響するといった報告 (Kilani et al., 1989) もなされている. したがって、我々がトレーニングの中に行うプライオメトリックス等は、この伸張反射を筋腱複合体がその伸張局面で蓄えた弾性と合わせて、続く短縮局面で効率よく使うための練習、すなわち伸張—短縮サイクル運動の練習に他ならない.

伸張反射は、伸張刺激を受けてから激しい筋放電が起きるまで、その潜時が異なる3つの成分、短潜時成分、中潜時成分そして長潜時成分から構成される (図1右). これらは、しばしば、M1, M2, M3と呼ばれるが、長潜時成分M3は常に観察されるわけではない. これらの潜時は、個人あるいは筋によって異なり (運動単位、四肢の長さの違い等による)、例えば、ヒラメ筋の短潜

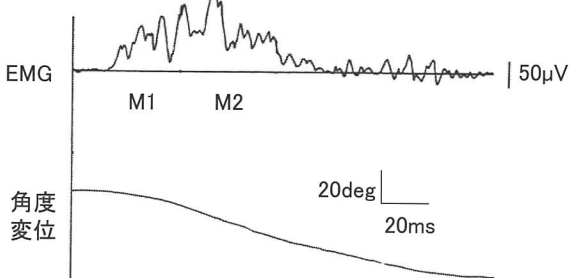
時成分は約40 ms、中潜時成分は約70 msの潜時を持つが、腓腹筋ではそれがやや短くなる. また、各成分の感度も筋により大きく異なり (Thilmann et al., 1991), 一般的に、下肢の筋群では、短潜時成分の放電が中潜時成分もしくは長潜時成分のものより大きく、上肢の筋群ではそれが逆転する (図2).

このような「入力—出力」という単純な機構を持つ伸張反射ではあるものの、その経路には、中枢神経系、筋紡錘からのIa群およびII群求心性神経、ゴルジ腱器官からのIb群求心性線維、自由終末を持つIII群やIV群侵害感覚神経などが関わるため、その反応は、これらからの入力の総和という形で現れる (図3). したがって、伸張反射は、単に、伸張刺激に対し、「意識やその時行っている活動とは無関係に生み出される不随意で安定した自動化された反応」ではない. 特に、中潜時および長潜時成分は、複数のシナプスを介すとともに、大脳皮質を介する皮質経路反射であると考えられ、高次中枢による影響が大きい. このことは、すばやく正確に、かつ細かい動きをする上で有利になることを示し (矢部, 1985), 中潜時および長潜時成分が優位な上肢ほど巧みな動きができることを示している.

第1背側骨間筋



上腕三頭筋



下腿三頭筋

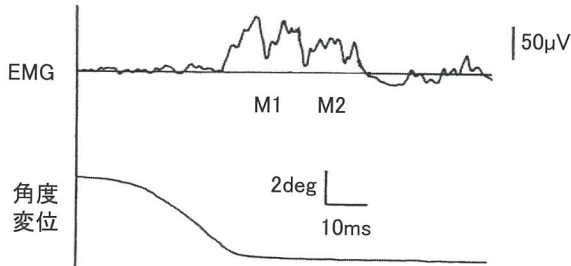


図2. 第1背側骨間筋, 上腕三頭筋, 下腿三頭筋の伸張により生み出された筋電活動(全波整流されたもの). 筋により, その反射活動の動態は異なる. スケールが各図で異なっていることに注意. (Thilman et al., 1991 を改変)

3. 中潜時・長潜時伸張反射の調節

Doemges と Rack (1992 a, b) は, 手首の屈筋において, ある一定の力を維持する課題中よりも, ある一定の位置を維持する課題中の方が長潜時反射(中潜時成分も含む)が大きくなることを見出した. 同様な報告は, Dietz ら (1994) によってもなされている. 位置を維持する場合, 力の大きさを維持することに比べ, それに関与する主動筋や拮抗筋の出力を, 末梢にある受容器からの情報に応じてより適切に調整せねばならず, これがより大きな長潜時反射を生じさせた原因と考えられる. 伸張反射とは Ia 求心性神経を直接電気刺激する点で異なっているヒラメ筋の H 反射においても, 歩行時より起立時においてその振幅が大きかったことが報告されており, これらは伸張反射の長潜時反射が課題依存的に調節されることを示している.

伸張反射は, このような「何をしようとしているのか」といった課題に対してだけではなく, その時, 筋や

身体がどのような状況にあるかによっても変容される. ある人が立っている台が突然後方へと水平移動させられた時, その人の腓腹筋は身体の前方向への回転により伸張されるが, それによって生じる伸張反射がその姿勢の立て直しに働く. しかし, 同様な腓腹筋の伸張を起こすように, その台を後方へと回転させた時, その伸張反射は抑制されてしまう (Nashner, 1976; Nashner et al., 1978, 図4). これは, 台の回転により後方へと回転した身体が, 伸張反射の発現により, より後方へと回転してしまうことを避けるためであろう. また, 長潜時成分の活動は, 等尺性収縮の状態に比べ, 動的な状態で明らかに低下することが手の筋 (Wallace と Miles, 1998, 図5) や前腕の筋 (Bawa と Sinkjar, 1999, 図6) において報告されている. Nakazawa ら (1997) も, 筋活動様式によって長潜時成分の活動が異なり, 等尺性, 短縮性収縮に比べ, 伸張性収縮でその成分が有意に低下することを示している. これらは, 筋が随意的に収縮しているあるいはその伸張されている最中に, その円滑な動きを妨げないように, 伸張反射が抑制された結果であろう.

このような課題あるいは局面に依存する伸張反射の調節は, その刺激の予測やその刺激に向けた前緊張によっても大きく変わることが知られている. 「筋が伸張された時, その伸張を素早く止める」といった課題の元で, 刺激が与えられる瞬間を見ていた場合, その長潜時成分は, 見ていなかった場合に比べ, 促進されることが報告されている (Yamamoto と Ohtsuki, 1989.). 逆に, その伸張に合わせて関節を伸展させていく課題では, 刺激が与えられる瞬間を見ていた場合, その長潜時成分は抑制される. これらのことは, 与えられる刺激があらかじめわかっている場合, 高次中枢でプレプログラミングが行われ, 合目的に長潜時成分が調整されることを意味する. また, 筋の弛緩時には長潜時成分が見られないこと (Hallett et al., 1981), 目的となる動作の準備のために構えているだけで, 長潜時成分の活動が大きくなること (木塚朝博ほか, 1994) など, 刺激に対する意識がその長潜時成分を適切に調整することを示唆している.

4. まとめ

本稿では, 伸張反射の中潜時・長潜時成分の変容について簡潔に述べてきた. その上で言えることは, 目的となる主動作に対して適切な準備を行った場合, 伸張反射の中潜時・長潜時成分は, その運動課題や運動局面に対して, 明らかに合目的に調節されるということである. このような長潜時成分の調整能力は, 反応時間が短い者ほど優れているといった報告もあり (Bonnet, 1983; Woollacott et al., 1984), 長潜時成分の適切な調整は, 運動のパフォーマンスにも影響を及ぼす可能性が大きいといえる. したがって, よりよいパフォーマンスを得るためには, 長潜時成分を完全にはコントロールできないと

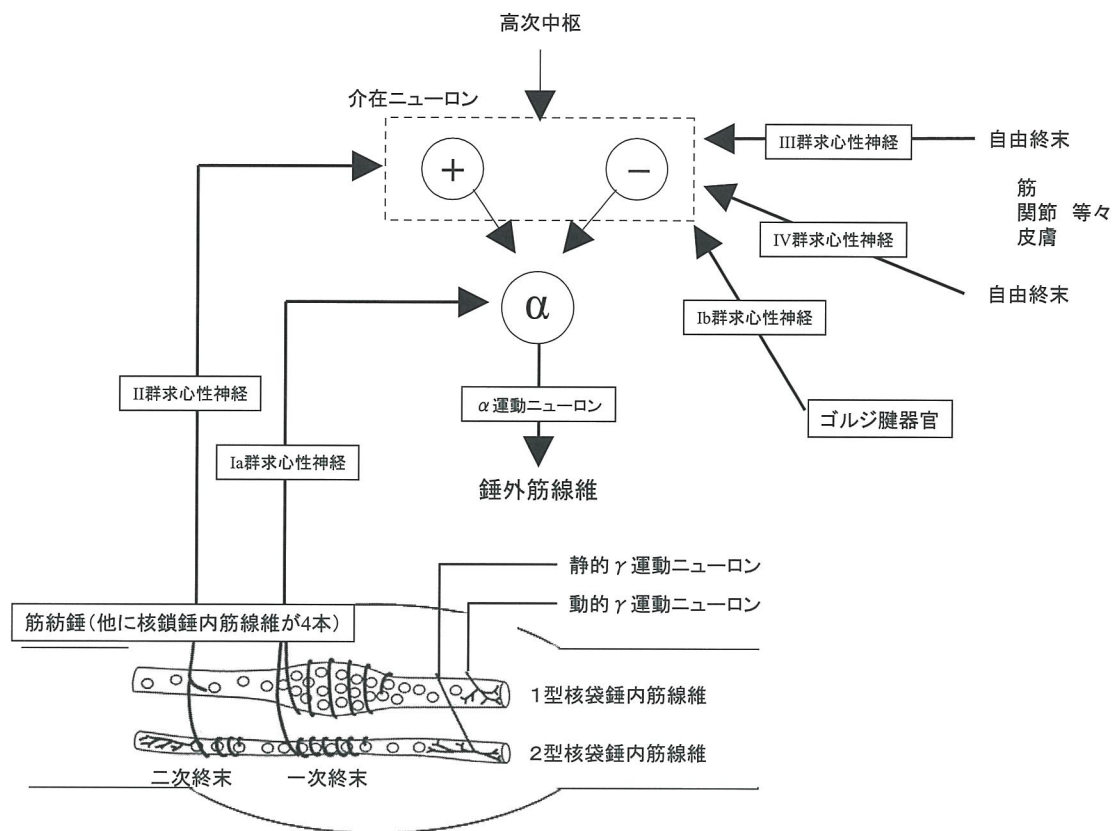


図3. 伸張反射経路に関わる入力概略。介在ニューロンに見られる+は興奮効果を、-は抑制効果を α 運動ニューロンにもたらす。シナプス前抑制等については、この図において考慮していない。

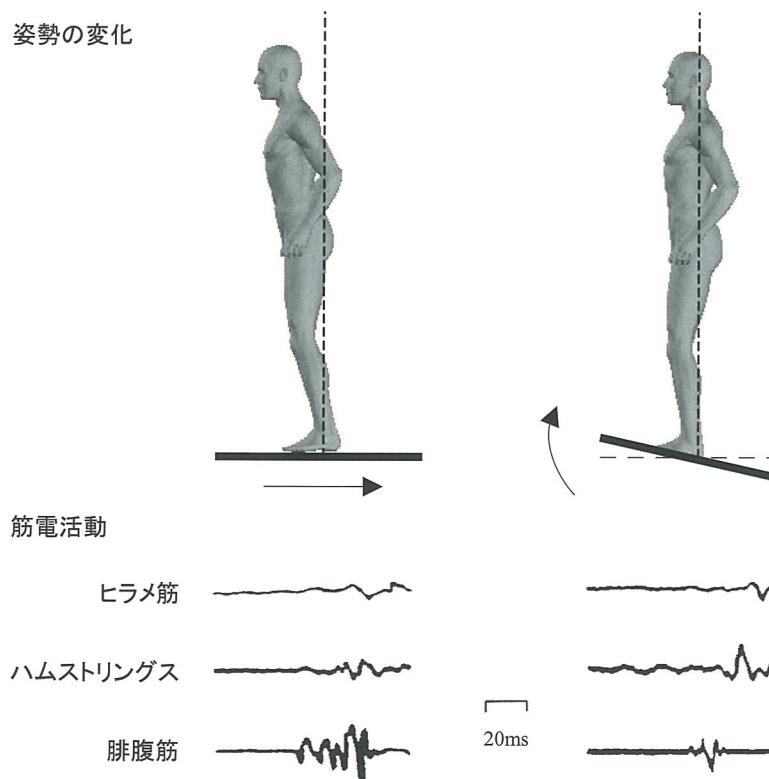


図4. 被験者が立っている台が後方へと突然水平移動させられた時(左)ならびにその台が後方へと突然回転させられた時(右)に見られる姿勢の変化と下肢筋群に見られる筋電活動。同じ足関節の背屈が生じたとしても、その時の状況に応じて筋の反射活動は変容され、姿勢が維持される。(Enoka, 2002 を改変)

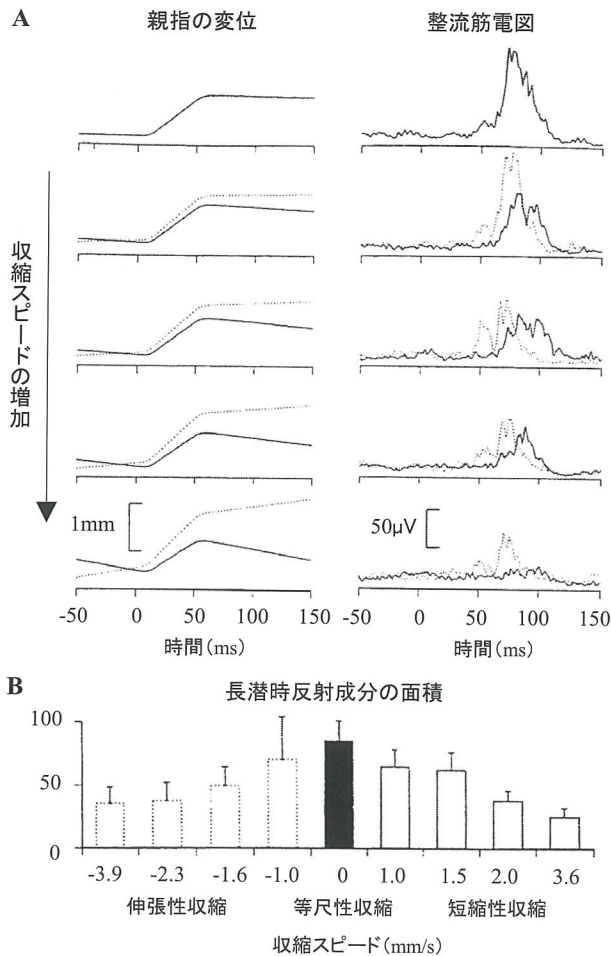


図5. 長拇指屈筋から引き出される伸張反射への親指の動きの方向とスピードの影響 (A). 最上段の図は、等尺性収縮中に引き出された伸張反射を示す。その下に示された4つの図は、短縮性収縮中(実線)と伸張性収縮中(破線)に得られた伸張反射を示している。親指の動きが速くなればなるほど、その反射成分が小さくなることに注目。Bは、各動作スピードに対する各収縮様式に見られた長潜時伸張反射成分の面積を示している。等尺性収縮中に引き出された長潜時反射成分がもっとも大きく、動的な状態では、そのスピードに比例してその成分が小さくなっていく。(Wallace と Miles, 1998 を改変)

しても、適切にコントロールしていく必要に迫られる。そのため、我々は、「いつ、どこで、何が起きるのか」を的確に把握し、「何の目的でこの動作を行うのか」を明確にした上でトレーニングを意識的に行っていく必要があるだろう。

一方、本稿で注目した中潜時・長潜時成分ではなく、Ia 群求心性神経線維を經由し、脊髄で単シナプス結合をする短潜時伸張反射は、大脳皮質を介する皮質経由反射ではなく、高次中枢からの影響も小さいと考えられる。しかし、この短潜時成分でさえ、様々な修飾を受けることが近年の研究からわかってきた。スプリント系種目やジャンプ系の種目において、筋腱複合体が伸張された直後の short-range stiffness, そして短潜時反射によるステ

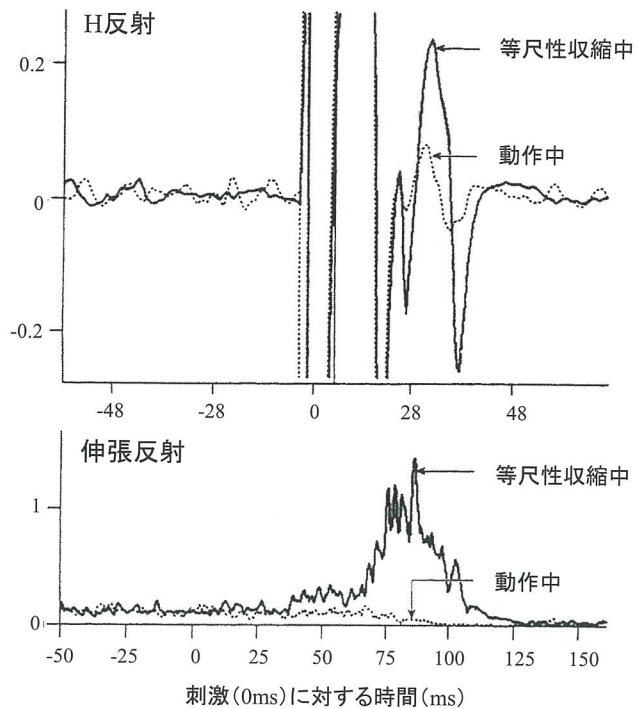


図6. 橈側手根屈筋の収縮により手関節が与えられた課題を行うよう動いている時(破線)と等尺性の状態にある時(実線)におけるH反射と伸張反射の動態。伸張反射は、全波整流したもの。H反射は、伸張反射と同様の反射経路を持つものの、その導出がIa群求心性神経の直接的な電気刺激によるものであるため、筋紡錘からの信号は含まれてはいない。動作中のH反射の振幅が低下したことは、高次中枢あるいは末梢からの求心性情報によって、 α 運動ニューロンの興奮が抑制されたことを示している。(Bawa と Sinkjar, 1999 を改変)

ィフネスの増大は、そのパフォーマンスを向上させる上で重要な1つの要素となりうる。よって、中潜時・長潜時成分の変容に加え、短潜時成分の変容について知るとは、運動のパフォーマンスを向上させる上で役立つに違いない。そこで、次号では、その短潜時成分の変容について述べたいと思う。

5. 参考・引用文献

- 朝岡正雄監訳. スポーツ科学辞典. エリッヒバイヤー編. 大修館書店. 東京. 1993
- Bawa P, Sinkjar T. Reduced short and long latency reflexes during voluntary tracking movement of the human wrist joint. *Acta Physiol Scand* 167: 241-246, 1999
- Bonnet M. Anticipatory changes of long-latency stretch responses during preparation for directional hand movements. *Brain Res* 280: 51-62, 1983
- Dietz et al. Task-dependent modulation of short- and

- long-latency electromyographic responses in upper limb muscles. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 93 : 49-56, 1994
- Doemges F, RackPMH. Changes in the stretch reflex of the human wrist dorsal interosseous muscle during different tasks. *J Physiol* 447 : 563-573, 1992 a
- Doemges F, RackPMH. Task-dependent changes in the response of human wrist joints to mechanical disturbance. *J Physiol* 447 : 575-585, 1992 b
- Enoka RM. *Neuromechanics of human movement*. Human Kinetics, Champaign, IL, 2002
- Grey MJ et al. Group II muscle afferents probably contribute to the medium latency soleus stretch reflex during walking in humans. *J Physiol* 534 : 925-933, 2001
- Hallet M et al. Behavior of the long-latency stretch reflex prior to voluntary movement. *Brain Res* 219 : 178-185, 1981
- 石川友衛. *神経生理学*. 医歯薬出版. 東京. 1998
- Kilani HA et al. Block of the stretch reflex of vastus lateralis during vertical jumps. *Human Movement Sci* 8 : 247-269, 1989
- 木塚朝博ほか. 前腕屈筋群における長潜時反射と premotor time との関係. *体力科学* 43 : 201-214, 1994
- Koceja DM et al. Postural modulation of the soleus H reflex in young and old subjects. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 97 : 387-393, 1995
- Latash M.L. *Neurophysiological Basis of Movement*. Human Kinetics, Champaign, IL, 1998
- Nakazawa K et al. Short and long latency reflex responses during different motor tasks in elbow flexor muscles. *Exp Brain Res* 116 : 20-28, 1997
- Nashner LM. Adapting reflexes controlling the human posture. *Exp Brain Res* 26 : 59-72, 1976
- Nashner LM et al. Analysis of multiloop dyscontrols in standing cerebellar patients. *Prog Clin Neurophysiol* 5 : 300-319, 1978
- 西野仁雄, 柳原 大編. *運動の神経生理学*. ナップ. 東京. 2001
- Thilmann AF et al. Different mechanisms underlie the long-latency stretch reflex response of active human muscle at different joints. *J Physiol* 444 : 631-643, 1991
- Wallace CJ, Miles TS. Movements modulate the reflex response of human flexor pollicis longus to stretch. *Exp Brain Res* 118 : 105-110, 1998
- Woollacott MH et al. Preparatory process for anticipatory postural adjustments; modulation of leg muscles reflex pathways during preparation for arm movements in standing man. *Exp Brain Res* 55 : 263-271, 1984
- 矢部京之助. 脊髓レベルの働きと巧みな動き. *Japan J Sports Sci* 4 : 229-234, 1985
- Yamamoto C, Ohtsuki T. Modulation of stretch reflex by anticipation of the stimulus through visual information. *Exp Brain Res* 77 : 12-22, 1989

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

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もの
- 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、日本大学に置く。
- 第21条** 本会則は平成16年8月8日より施行する。

陸上競技学会誌 投稿規程

〈投稿資格〉

- ・本誌に投稿できるのは、原則として日本陸上競技学会会員とする。
- ・編集委員会が認めた場合には、会員以外へ投稿を依頼する場合がある。

〈著作権〉

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

〈原稿の送付〉

- ・提出する原稿は、原稿の種類が「研究」、「ショートペーパー」、「報告」の場合はオリジナル原稿1部とコピー2部を、それ以外の原稿についてはオリジナル原稿1部とコピー1部とし、付則に記された送付先へ送付する。
- ・原稿受付日は、送付先に到着した日とする。著しく執筆要項を逸脱した原稿は事務的に返却し、形式が整った原稿の到着日を受付日とする。
- ・掲載が採択された原稿については、原則として返却しない。

〈原稿の種類と内容〉

- ・原稿の内容は、陸上競技の理論と実践に関するものとする。
- ・本会誌の読者は陸上競技に関する広い分野にわたるので、高度な専門的知識のない読者にも理解できるよう配慮する。
- ・原稿の種類は、「研究」、「ショートペーパー」、「報告」、「解説」、「陸上競技 Round-up」、「その他」とし、それぞれ以下のようなものである。

①「研究」

陸上競技およびこれに関連する分野の学術上および指導・実践上価値のある新しい研究成果を記述した原著論文。

②「ショートペーパー」

研究としての体裁になるほどまとまっていないが、新規性があり、早く発表する価値のある論文。

③「報告」

陸上競技に関連する理論的、実践的、事例的な問題

についての調査・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

日本陸上競技学会事務局

TEL: 03-5317-9717

FAX: 03-5317-9426

E-mail: jssa@chs.nihon-u.ac.jp

陸上競技学会誌 執筆要項

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

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2 HDの1.44 MB 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）などをつける．

（6）文字指定

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

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

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

（7）数式

数式は改行して2行取りとし，上付き，下付きなどを朱書きで添書きする．分数式は，原則として， $\frac{a-1}{b+2}$ 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．

日本陸上競技学会誌 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。

日本陸上競技学会編集委員会 委員名簿

委員長 石塚 浩 日本女子体育大学
副委員長 安井 年文 青山学院大学
委員 榎本 靖士 京都教育大学
委員 小木曾一之 皇學館大学
委員 串間 敦郎 宮崎県立看護大学
委員 佐伯 徹郎 日本女子体育大学

委員 桜井智野風 東京農業大学
委員 杉田 正明 三重大学
委員 高松 潤二 国立スポーツ科学センター
委員 持田 尚 横浜市スポーツ医科学センター
委員 森丘 保典 財団法人日本体育協会

※50音順, 敬称略

編集後記

本年12月には、カタール・ドーハ市にてアジア大会が開催されます。本誌がお手元に届く頃には、第一次選考された選手発表が行われ、本番へのムードも高まってくることと思います。今回、「研究」では競技者が日常使用するトラックのサーフェスについて、そして、十種競技での生理学的な問題が取り上げられています。「報告」では、競技者の日々のトレーニングについてまとめたもの、「論説」ではスプリントとハードルに関して競技力に直結した内容が、「Round-up」では、身体の反射活動についてと、非常に多岐に渡ったものが掲載されています。学会も少しずつ軌道に乗りつつありますが、まだまだ投稿数が少ないというのが現状です。学会というある研究方向に向った同志が集まる場だけに、皆様のご協力でよりよいものにしていきたいと思っています。よろしくお願い申し上げます。

たまたま研究室の本棚の『実験物理学講座 1 研究室づくり』という本が目に入り、読んでみると「研究室に

絶対に備えなければならないものは“研究頭脳”である。どんな立派な設備や環境も、これなくして主人のいない物置場に過ぎない。龍を画いて、最後の晴（ひとみのこと）をいれたら、その龍に生命が宿って、その龍が画面からぬけだして天に昇っていったという故事がある。研究者の研究魂と研究頭脳と実験行動力が研究室に生命を吹き込むのだ。」と、他ページでは「キューリー夫人が未知の物質を探し求めてピッチブレンドを大きな釜で煮つめたり、それに続く濃縮作業を4年余も遂行したのは、雨漏りのする廃屋であったという。」ということが書かれていました。日頃、指導者という立場で学生や部員にお説教じみたことを言っている自分自身を思い出した次第です。何にもまして研究意欲の塊無くして、進展はないと確信しています。

よって、最後に、今回ご投稿いただいた会員の皆様には、改めて感謝申し上げます。

(石塚 浩 記)

陸上競技学会誌 第4巻 (Vol.4, 2006)

2006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

〒156-8550 東京都世田谷区桜上水 3 丁目25番40号

日本大学文理学部体育学研究室内

日本陸上競技学会事務局

TEL: 03-5317-9717

製作 株式会社 陸上競技社

印刷 明宏印刷株式会社

陸上競技を愛するすべてのアスリートの必読本

陸上競技マガジン

毎月14日発売

(財)日本陸上競技連盟オフィシャルマガジン



あのオリンピックも
メダリストも
みんな陸マガで大きくなった
!!

毎月お手元にお届けする
定期購読のご案内

●購読料=1カ年12冊分11,040円(税込)

お申し
込みは

電話で ☎0120-413490

FAXで ☎0120-594134

インターネットで <http://www.sportsclick.jp/subscribe.html>

送料小社負担。特別定価の
差額はいただきません。



体育とスポーツの総合出版
雑誌ベースボールマガジン社

〒101-8381 東京都千代田区三崎町3-10-10

日本陸上競技学会を応援します。

JR東日本

東日本旅客鉄道株式会社

Japan Journal of
Studies in Athletics

