

陸上競技学会誌

Japan Journal of Studies in Athletics

- 特別寄稿
TOM TELLEZ氏特別寄稿訳文 1
関子浩二
- 研究
日本一流女子長距離選手の走動作の
バイオメカニクスの分析 5
竹田幸平 阿江通良
榎本靖士 横澤俊治
- 学会第1回大会特集
基調講演 11
関岡康雄
- シンポジウム記録
・短距離走 13
加藤謙一, 高野 進,
伊藤 章
- ・中・長距離走 23
杉田正明, 酒井勝充,
伊藤静夫
- ・跳躍 30
伊藤信之, 阪本孝男,
阿江通良・奥山良樹・小山宏之
- ・投てき 34
尾縣 貢, 小山裕三,
植屋清見
- 日本陸上競技学会会則

Vol.2,
2004

[特別寄稿]

棒高跳の技術

TOM TELLEZ (サンタモニカトラッククラブ) 著

図子 浩二 (鹿屋体育大学) 訳

棒高跳とは陸上競技の中で、唯一ポールという道具を利用して高さを目指す種目である。そのために、ポールを操作しつつ、自らの身体も同時に操作しなくてはならず、空中で身体を巧みに操る器械体操の要素も内在させている。このことが、棒高跳の技術構造を複雑にし、高い専門性を作り出している。一方、棒高跳の技術書は、他の種目に比較して少なく、コーチングを行う場合に困り果てた経験を持つ指導者も多いのではないだろうか。

これから紹介する内容は、カールイスやリロイバレルのコーチとして著名なトムテレッツ氏が考える棒高跳の技術について書いたものである。多くの方々から、テレッツ氏の原文を翻訳して欲しいとの要望があり、それに応えて翻訳を行った。複雑な棒高跳の技術が簡潔に紹介されており、多くの指導者に有益な内容となっているのではと思っているが、その先にあるテレッツ氏の考えを、もう少し詳細に知りたいという不満が残ったことも事実である。なお、英文としての原文は、すでに第1巻第1号に掲載されている。(図子)

1. はじめに

棒高跳は、陸上競技の中で最も複雑で難しい種目である。このために、選手やコーチは、基本的な技術を適切に理解する必要がある。本稿では、棒高跳における各局面の技術のすべてを取り上げることはできないが、最も重要となる基本的原理について解説していく。

棒高跳は2重振り子運動である。すなわち、上のグリップを中心にした身体スイングによる振り子運動と、ポールの先端を中心にして、ポールと身体全体が前方へと回転する振り子運動(ポールの起こし回転)、これらの二つの振り子運動によって成り立っている。棒高跳で成功を得るためには、この2つの振り子運動を効果的に動かすことが必要不可欠となる。

上記のことから、棒高跳選手はポールに対して、できるかぎり高い回転速度を与えなくてはならない。一方、選手の身体スイングによる回転速度は、①ポールの硬さ、②グリップの高さ、③ポールの起こし回転速度に影響される。そして、身体スイングは、ポールが立った時点に、できるだけグリップから身体重心までの高さ(抜きの高さ)を上昇させるように行うべきである。

踏切は、地面とポールのなす角度ができるだけ大きくなるように実施すべきである。これには、上の腕を伸展しておくことと、グリップの真下で踏切を実施することが関係している。二つのことができると、ポールが効果的に垂直位置まで起こし回転を始めるするとともに、身体重心が最も効果的に移動する。さらに、ポールの曲がりの方向を適切に設定し、ポールに回転速度を与えなが

ら、身体を前方へと強力に推進させることもできる。

踏切は、単純に地面から離れるためのものではなく、踏切足によって垂直方向の力積を獲得するためのものでもある。

メトロノームの動きは、ポールの回転速度の重要性を理解するために役立つものである。回転棒の重りの位置が、低い場合には速い回転になる。また、重りを高くし、回転の中心から遠ざけると、ゆっくりとした回転になる。

棒高跳選手がポールの回転速度を獲得する原理は、前記のメトロノームの運動と同じ原理である。踏切脚と上の腕は、スイング中には、出来るだけ長くすることが必要である(図7・図8)。これによって身体の回転軸を長くとることができ、初期段階でポールに対して大きな速度を与えることができる。そして、ロックバック時には、肩関節を中心にして、素早く身体を回転させながら腰を上方に上昇させる。

身体重心は、スイングやロックバック中には、ポールの後ろを動くように操作すべきである。このためには、次のことに留意すべきである。

- ①上のグリップから真下に下ろした垂直線上で踏切を行い、腕は完全に伸展した状態にする。
- ②減速してはいけない。
- ③腕をひいてはいけない。
- ④胴体と頭は同調して動くようにする。
- ⑤垂直方向の力積をしっかりと獲得する。

2. 棒高跳用語の定義

(1) 突っ込み動作

突っ込み動作は、ポール保持の状態から踏切位置までポールを運ぶ動作のことであり、助走最後の2歩で実施される。その際には、ポールは顔の前まで運び、上の腕を完全に伸展させる。

(2) 遅すぎる突っ込み動作

突っ込みのための上の腕の動きが、助走最後の2歩より後に開始された場合には、遅れた突っ込み動作となる。

(3) 低すぎる突っ込み動作

踏切時に上の腕が完全に伸展しない場合には、ポールと地面のなす角度が小さくなり、低い突っ込み動作となる。

(4) 踏切動作

踏切動作は、上の腕を完全に伸展させながら、その真下で行うようにする。踏切脚には垂直な力積がかかると

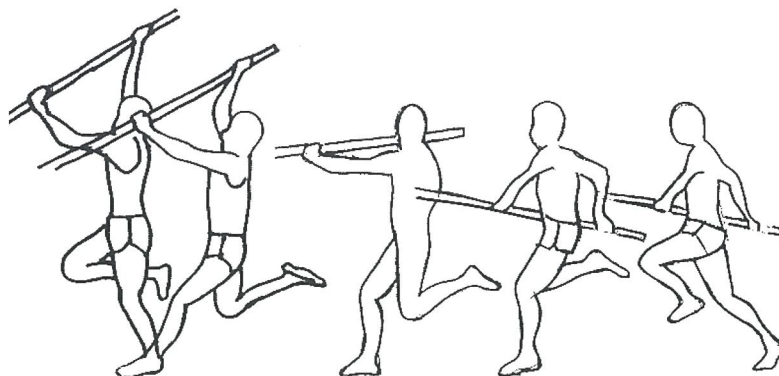


図5 図4 図3 図2 図1

- 図1 突っ込み準備動作
- 図2 突っ込み動作開始
- 図3 踏切準備動作
- 図4 踏切への入り動作
- 図5 踏切動作

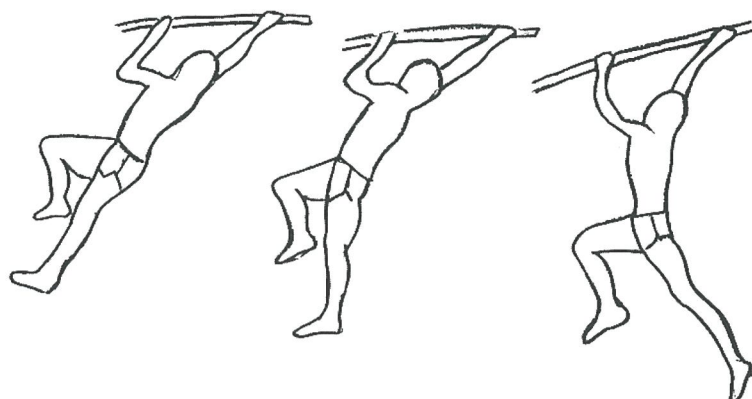


図8 図7 図6

- 図6 踏切と入り込み・推進動作
- 図7 スイング動作
- 図8 スイング動作の進行

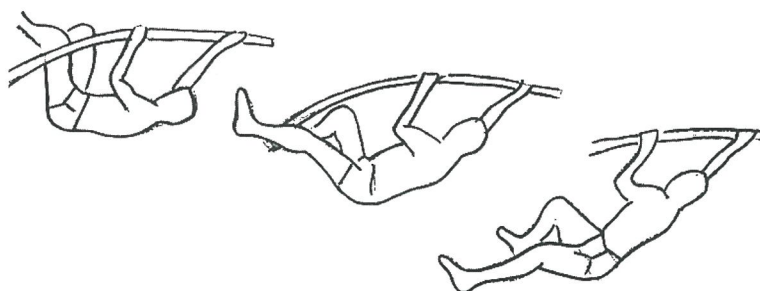


図11 図10 図9

- 図9 ロックバック動作
- 図10 ロックバック動作の進行 1
- 図11 ロックバック動作の進行 2

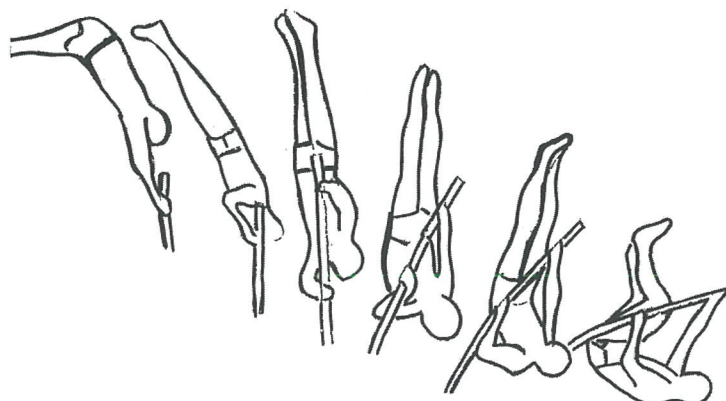


図17 図16 図15 図14 図13 図12

- 図12 ロックバック動作の進行 3
- 図13 伸び上がり・伸展動作
- 図14 引き上げ・ターン動作 1
- 図15 引き上げ・ターン動作 2
- 図16 引き上げ・ターン動作 3
- 図17 クリアランス動作

ともに、足はフラットに接地する(図4~図6)。

(5) 入り込み・推進動作

これはポールがボックスの壁に当たっても、運動量を維持し続けるために行われる。身体を加速しながら、回転軸になる上の手を中心に回転する。選手の胴体は、踏切足を越えて前方に移動する(図6)。

(6) スイング動作

身体は回転する長い棒のようになりながら、グリップの前上方に移動する(図7・図8)。

(7) ロックバック動作

脚を曲げて肩の方向に巻き込むとともに(脚を身体重心に近くするほど、身体の回転は容易になる)、腰を上げるようにする。回転運動の中心は肩である(図9~図12)。

(8) 伸展動作

身体を逆さまの状態にして、脚および腰を伸展する(図13)。

(9) 引き上げ・ターン動作

ポールが垂直に反発する力を受けながら、伸び上がり動作を維持し、クリアランスに持っていけるように、身体を回転させる。

(10) クリアランス動作

バーの上で、アーチを描きながらクリアランス動作を行う。

3. 棒高跳の運動課題

(1) 助走では水平速度を最大にまで高める。

(2) 踏切では踏切脚および足が垂直の力積を獲得できるようにする。

(3) 突っ込み・踏切動作では下記のことを行う。

- ①水平速度を保持する。
- ②踏切において、垂直力積を確保する。
- ③重心が最も効果的な距離を動く様な動作を推進する。
- ④上の手の下で踏切を行い、下の手は顔の前に持ってくる。これによって、ポールと地面のなす角度を確保する。
- ⑤よりよい走動作の形を維持する。

4. 各局面における技術の説明

(1) ポール保持の技術

- ①ポールの先端は、助走速度を高めるために頭よりも上に保持する。グリップが15フィート(約4.5m)よりも高い場合には、それ以上に高く保持する必要がある。
- ②前後にポールを揺らすことは避けるべきである。
- ③体からポールを離すことは避けるべきである。
- ④グリップ間距離は、ポールを楽に保持できる間隔にする。しかし、ポールの突っ込み動作や踏切動作、あるいはスイング動作を妨げるほど広い間隔にすべきではない。

- ⑤ポールの先端は、踏切6歩前までは高く維持し、その後徐々に突っ込みに向かって下ろし始めるようにする。そして、最後の2歩の段階では、目線の高さまでポールの先端を下げるようにする。

(2) 助走技術

- ①助走距離は、その選手の経験、スピード、筋力、加速力、スプリント技術のそれぞれを配慮しながら、できるだけ長く設定すべきである。
- ②スプリントスピードは、ストライドの長ささとピッチの速さに大きく影響される。ストライドは、筋力、弾性力、関節の可動域の変化によって改善できる。また、身体重心に対して後方に作用する力によって増大する。一方、ピッチは、個人の様々な特性に応じて決定される。
- ③選手がゆっくりと走っている場合には、身体位置よりも後方に力を発揮している。しかし、下方向に働く力の増大に伴って、小さいストライドからより大きなストライドへと変化する。ストライド変化は、最も高速度になるまでに徐々に行うべきである。
- ④適切な助走のためには、ストライドとピッチの相互関係が大切になる。助走最後の2歩では、積極的に踏切に入るための動きが必要とされる。
- ⑤助走を詳しく観察すると、助走全体の成功は、最初の2歩から3歩のストライドの適切さによって決定されることが理解できる。
- ⑥助走速度は、最初の1歩から踏切まで、徐々に加速させていく。誰もが理解しているように、助走は最も重要である。コーチは、選手が適切な走の動きや助走技術を身に付けるために多くの時間を費やしている。
- ⑦100フィートスプリント(約30m)を最大速度の90%で実施する。
- ⑧140フィートスプリント(約42m)を最大速度の95%で実施する。
- ⑨高いレベルの選手は、18歩から20歩の助走を用いる。
- ⑩高速度でかつコントロールされた助走は、高い記録につながる。
- ⑪スタートから継続的かつ徐々に加速する。
- ⑫適切なリズムを維持し、オーバーストライドにならないようにする。
- ⑬助走最後の2歩は長いストライドにし、最後の1歩は1~2インチ(約2.5cm~5.0cm)小さいストライドにする。
- ⑭踏切2歩前の動きは、踏切への効果的な入りのための準備に必要である(図3)。
- ⑮スプリント技術は、棒高跳を成功させるための最も重要な要素である。
- ⑯棒高跳で重要なことは、水平方向の運動量と突っ込

み後の垂直方向の運動量である。

(3) 突っ込み技術

- ①効果的な突っ込み動作は、適切な助走を伴って初めて可能になる。
- ②水平方向の速度を維持するように行う。
- ③踏切2歩前から開始する。
- ④腕を頭の前上方に素早くスムーズに出し、スプリントの方向に沿ってまっすぐに踏切る。
- ⑤前の腕は、ボックスの方向にポールを鋭く素早く送り出すように動かす。①と⑤は、同時に実施する。
- ⑥突っ込みを通して肩と腰は、バーの方向と同じ方向にする。
- ⑦突っ込み時には、上の腕は伸展し続ける。ポールは踏切を通して、前方へと継続的に動くようにする。
- ⑧踏切足は上の腕の真下に位置づけるようにする。

(4) 踏切技術

- ①踏切脚および足からポールに対して垂直力積を与えるようにする。
- ②踏切一步前には、踏切の準備をしておく。
- ③スプリント動作を継続させる。
- ④上の腕は伸展させておく。
- ⑤下の腕は押さないで、抵抗に抗するだけにする。

(5) 突っ込み・前方への推進技術

- ①踏切を行った後には、前方へと体を推進させる運動量を維持するようにする。
- ②ポールの中に走り込み、ポールを操作する感覚を持たなければならない。
- ③身体の回転は上の腕を中心にして行われる。そして、体を折り畳みながら回転する感覚を持つことが必要である。
- ④下の腕は、身体が前方に進行することによって曲がり始める。
- ⑤ポールは左外方向に、選手から遠ざかる方向へと曲がり始める（左足踏切の場合）

(6) スイング技術

- ①上の腕は回転の軸であり続ける。
- ②上の腕は十分に伸展した状態を維持する。
- ③下の腕は約90°に曲げる。
- ④踏切脚は十分に伸展する。
- ⑤リード足の膝はスイング中を通して曲げておく。
- ⑥頭は肩に対して自然な位置に置く。

(7) ロックバック技術

- ①踏切脚は両方とも曲げ、胸の方に引きつける。これによって、回転半径が小さくなり、肩を中心にした身体の回転速度を高めることができ、腰を高く上げることができる。
- ②棒高跳選手は、腰をできるだけ高く上げるように努力する。

(8) 伸び上がり・伸展技術

- ①脚はポールに沿って動かし、腰の回転とともに体を反転させる。

- ②右腕は伸ばしておく。

- ③肩を回転中心に維持する。

(9) 引き上げ・ターン技術

- ①この局面の前までに得られた運動量を維持する。
- ②一連の流れとしてこの局面を捉える。

(10) クリアランス技術

- ①肩に対する自然の配列に頭部を置く。

訳者あとがき

棒高跳の跳躍高(H)は、最も簡単に考えると、グリップの高さ(h1)とグリップから身体重心までの高さ、すなわち抜きの高さ(h2)によって決定される($H=h1+h2$)。この二つの要素に分けて、日本人選手と世界で活躍する選手を比較すると、h2は90cmから110cmの間の選手が多く、差はほとんどない。しかし、h1となると、日本選手が4m50から4m70であるのに対して、世界で活躍する選手の多くが5mを越える高さのグリップを持っている。さらに、5m以上の高さを持つために、かなり硬いポンド数のポールを利用している。したがって、必然的にポールから受ける弾性力は大きなものになり、これが抜きの高さを獲得するための力にもなる。

そこで、仮に日本人選手が5m80を跳ぶためには、h2を100cmに設定するとすると、グリップの高さは4m80を確保しなくてはならない。しかし、ボックスの深さが20cmあることを考慮すると、実際には5m00のグリップを握ることになる。さらに、それより高い記録を目指すならば、5m以上のグリップを確保することが必要不可欠な条件となる。

なぜ、日本人選手と世界で活躍する選手との間で、こんなにも利用しているポールが異なり、グリップの高さが異なるのか？。これまでは、助走速度の違いが決定的な要因であると考え傾向が強かったが、最近では助走の速度に差はないというデータも存在する。それでは助走速度以外のどこに原因があるのか。この違いを作り出す原因は必ず存在する。これまでに考えられてこなかっただけである。この問題を解決し、5mを越える高さのグリップを持つ日本人選手を輩出することこそ、日本の棒高跳界が果たすべき大きな課題だと確信している。そして、トムテレッツ氏の書いた棒高跳の技術に関する内容が、この課題を解決するために役立つものであってほしいと願っている。

日本一流女子長距離選手の走動作のバイオメカニクスの分析

竹田幸平¹⁾, 阿江通良²⁾, 榎本靖士³⁾, 横澤俊治⁴⁾

A biomechanical investigation on characteristics of the running motion for Japanese elite female long distance runners

Kohei Takeda¹⁾, Michiyoshi Ae²⁾, Yasushi Enomoto³⁾, Toshiharu Yokosawa⁴⁾

Abstract

The purpose of this study was to investigate characteristics of the running motion for Japanese elite female long distance runners, comparing with these of Japanese male and world class female long distance runners.

Running motion of subjects (10 Japanese elite female as group JF, 12 Japanese male as group JM and 7 world class female runners as group WF) in 5000 m races were videotaped with a VTR camera. Two dimensional coordinates of the body landmarks were obtained by digitizing VTR images over at least one running cycle. Performance descriptors, kinematics and kinetics such as stride length, stride frequency, joint torque, joint torque power and mechanical work were calculated from the coordinates data smoothed with digital filtering of optimum cut-off frequency, by an inverse dynamics.

The results were summarized as follows : 1) During the recovery phase, mean power of the recovery leg joints was larger in Japanese elite female than other groups. 2) Stride length of group WF was significantly larger than that of group JF, but the distance in the first half of the support of group WF was significantly shorter than group JF. 3) The deceleration of the running velocity in the first half of the support phase was larger in group JF than group WF. 4) The thigh angular velocity after the foot touchdown, group WF increased faster and decreased in earlier timing than group JF.

These results reveal that it is important for Japanese elite female runners to increase stride length and decrease the deceleration in horizontal direction during the support phase. We can suggest that Japanese female runners should put the foot closer to the center of gravity at the touchdown and emphasize to swing the thigh of the support leg more quickly.

キーワード：長距離走，バイオメカニクス，女子長距離選手，走動作

1. 緒言

陸上競技の長距離走種目は、決められた長い距離をいかに短い時間で走るかを競うもので、現在オリンピックや世界選手権で行われている長距離種目は、男女ともに5000 m, 10000 m, マラソンである。

女子5000 mおよび10000 mの現在の世界記録はそれぞれ14分28秒09(姜波, 中国, 1997)と29分31秒78(王軍霞, 中国, 1993)であり、これらの日本記録はそれぞれ14分55秒19(福士加代子)と30分48秒89(渋井陽子)でいずれも2002年に樹立された。このように、記録の面では、女子長距離種目における世界と日本のレベルの差は縮まりつつあるが、国際大会における日本女子選手の入賞者は、オリンピックでは1996年のアトランタ大会、世界選手権では1999年のセビリア大会以降は見られない。国際大会においてこれらの種目で再び日本選手の入賞者を出すには、さらに記録を向上させる必要がある。

一方、日本の女子マラソン選手はオリンピックでは1992年バルセロナ大会、世界選手権では1991年シュツットガルト大会以降の全ての大会においてメダルを獲得している。しかし近年、トラックで優れた記録をもった女子選手がマラソンでも高いパフォーマンスを発揮する場合が目立ち始めている。2003年に2時間15分25秒という女子マラソン世界最高記録を樹立したP. ラドクリフ(英国)、2時間19分46秒のアジア女子最高記録を樹立した孫英傑(中国)は、5000 mでもそれぞれ14分32秒44, 14分40秒41という優れた記録を保持して

1) 塩竈市立第三中学校 Shiogama Daisan Junior High School 〒985-0831 宮城県多賀城市笠神2-1-1 電話 022-278-9792

2) 筑波大学体育科学系 Institute of Health and Sports Sciences, University of Tsukuba 〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1

3) 京都教育大学教育学部 Faculty of Education, Kyoto University of Education 〒612-8522 京都府京都市伏見区深草藤森町1

4) 筑波大学体育科学研究科 Doctoral Program in Health and Sports Sciences, University of Tsukuba 〒305-8574 茨城県つくば市天王台1-1-1

いる。今後、世界一流のトラック種目の競技者がマラソンに進出してくれば、男子の場合に見られるように、トラック種目のスピードをやや下回る程度のスピードでマラソンを走りきるようになることが予想され、日本人女子選手が苦戦するようになることが予想される。したがって、日本の女子長距離選手にとってトラック種目での記録向上は急務の課題であると言えよう。

一般に、長距離走のトレーニングは、有酸素能力の向上など体力的な要素を高めることに主眼がおかれている。しかし、高いエネルギー発生能力と持続能力があっても、走動作を介して走速度として表出させなければ、長距離走のパフォーマンスを高めることはできない。したがって、長距離走でも走技術の習得や改善を目的としたトレーニングをこれまで以上に行うことが必要であると考えられる。長距離走における走技術について、男子選手を対象として研究したものはいくつかある(Cavanagh et al., 1977; 榎本, 1999)が、女子選手を対象としたものはほとんどない。また長距離選手の性差については、有酸素能力(Davies et al., 1983)、走の経済性(Daniels et al., 1992)、形態(Cureton et al., 1980)などに関して報告されていることから推測すると、形態や神経筋機能に影響を受ける走動作についても性差があると考えられる。したがって、日本の女子長距離選手が世界レベルで戦うために習得すべき走技術を検討するには、日本一流女子選手の走動作の特徴を明らかにする必要があると考えられる。そのためには、日本一流女子長距離選手の走動作を男子選手と比較して性差について調べたり、世界一流女子選手の走動作と比較することが役立つと考えられるが、このような研究はほとんどないようである。

本研究では、レース中における日本一流女子長距離選手の走動作の特徴を、同水準の記録を持つ男子選手および世界一流女子選手とバイオメカニクス的に比較することによって明らかにし、日本の女子長距離選手の走動作改善に役立つ知見を得ることを目的とした。

2. 方法

公認競技会の5000 m レースに出場した29名の男女長距離走者を分析対象者とし、日本一流女子選手10名(以下 JF 群)、これと同水準のレース記録を持つ男子選手12名(以下 JM 群)、世界一流女子長距離選手7名(以下 WF 群)の3群に分類した(表1)。なお、JF 群には5000 m および10000 m の日本記録保持者、WF 群には5000 m の世界選手権者などが含まれていた。

公認競技会における5000 m レース中の選手を側方から VTR カメラを用いて撮影した。撮影にはデジタルビ

表1 分析対象者の特性

	JF群 (N=10) 日本一流女子	JM群 (N=12) 日本人男子	WF群 (N=7) 世界一流女子	Significant difference
身長 (m)	1.63 ± 0.05	1.72 ± 0.05	1.59 ± 0.06	JF<<<<JM
体重 (kg)	46.4 ± 4.2	57.1 ± 4.5	44.0 ± 4.7	JF<<<<JM
レース記録 (分:秒.)	15:18.3 ± 5.8	15:13.5 ± 6.2	15:07.0 ± 3.7	JF>>>>WF
ベスト記録 (分:秒.)	15:14.8 ± 6.6	15:06.0 ± 14.6	14:46.4 ± 14.9	JF>>>>WF

> : p<0.05, >> : p<0.01, >>> : p<0.001

デオカメラ (DCR-VX 2000, SONY 社製)を用い、撮影スピードは毎秒60 フィールド、露出時間は撮影条件により1/1000 秒~1/2000 秒とした。トラック縁石からできる限り離してカメラを水平固定し、ランニングの1 サイクルを撮影するために約7 m の区間を撮影範囲とした。分析点の実座標を得るため、縁石に2 個の較正マークを置いた。ただし、国際グランプリ陸上ではカメラを水平に固定することができなかったため、競技開始前に1 レーン内側にキャリブレーションボールを立て、15 個のコントロールポイントを撮影した。なお、分析対象レースの中には、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の一部として行われたものも含まれていた。

レース中の1600 m 地点付近から2800 m 地点付近にかけての1 サイクルにわたる走動作の画像から、身体分析点23 点および較正マーク2 点をデジタイズした。デジタイズは、電機計測販売(株)社製Frame-DIAS システムを用いて行った。デジタイズによって得られた身体の2 次元座標を2 点の較正マークをもとに実座標に換算した。国際グランプリ陸上では、15 個のコントロールポイントをもとに、2 次元 DLT 法を用いて実座標を得た。このとき、進行方向を X 座標、鉛直方向を Y 座標とした。次に、Wells and Winter (1980) の方法により分析点ごとに最適遮断周波数(X 座標 1.2~5.4 Hz、Y 座標 1.6~5.4 Hz)を決定し、バターワース型デジタルフィルタを用いて平滑化を行った。また、走動作の1 サイクルについて、図1 に示したように局面分けを行った。

平滑化したデータから、身体を左右の手、前腕、上腕、足、下腿、大腿、および頭部、体幹の14 部分からなるリンクセグメントにモデル化し、走速度、ストライドおよびピッチ、身体部分および関節の角度、角速度、身体部分および全身の重心などを算出した(阿江, 1996)。

本研究では、地面反力を測定できなかったため、回復期についてのみ Kinetics 的変量を算出した。下肢関節トルクを算出するため、回復脚を3 剛体リンクにモデル化し、Free Body Diagram にもとづき各部分で運動方程式をたて、関節トルクを算出した。そして、関節 j におけ

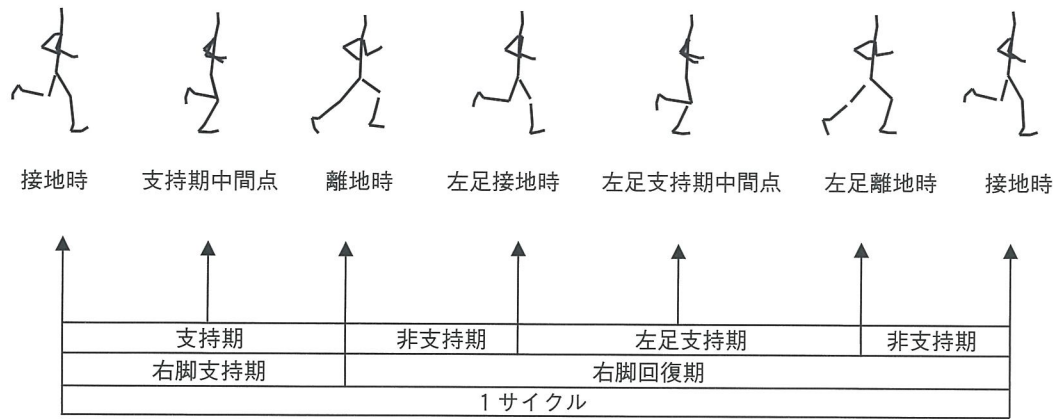


図1 動作区分点および局面分け

表2 JF、JM、WF、AF各群およびV.W選手の走速度、ストライドおよびピッチ

	JF群	JM群	WF群	AF群	V.W.選手	Significant difference
走速度 (m/s)	5.41±0.12	5.46±0.12	5.58±0.11	5.55±0.09	5.76	JF<<WF
ストライド (m)	1.61±0.06	1.68±0.06	1.71±0.06	1.71±0.06	1.68	JF<JM, JF<<WF
支持距離 (m)	0.94±0.04	0.96±0.06	0.87±0.06	0.86±0.04	0.89	JF>WF
支持期前半距離(m)	0.42±0.02	0.41±0.03	0.35±0.02	0.35±0.02	0.36	JF>>>WF
支持期後半距離(m)	0.52±0.03	0.55±0.05	0.51±0.03	0.51±0.03	0.53	
非支持距離 (m)	0.67±0.08	0.72±0.05	0.84±0.05	0.85±0.05	0.79	JF<<<WF
ピッチ(step/s)	3.37±0.13	3.26±0.15	3.27±0.15	3.25±0.15	3.43	
支持時間 (s)	0.18±0.01	0.18±0.01	0.16±0.01	0.16±0.01	0.16	JF>WF
支持期前半時間 (s)	0.08±0.00	0.08±0.00	0.06±0.00	0.06±0.00	0.06	JF>>>WF
支持期後半時間 (s)	0.10±0.01	0.10±0.01	0.09±0.01	0.09±0.01	0.09	
非支持時間 (s)	0.12±0.01	0.13±0.01	0.15±0.01	0.15±0.01	0.13	JF<<WF

> :p<0.05, >> :p<0.01, >>> :p<0.001

る関節トルクパワー (JTPj) を式①により算出した。

$$JTPj = JTj \cdot JAVj \quad \text{①}$$

ここで、JTjは関節jにおける関節トルク、JAVjは関節角速度である。また、下肢関節における力学的仕事は、式②～④を用い、正仕事 (PW)、負仕事 (NW)、絶対仕事 (AW) に分けて算出した。

$$PW = \int JTP^+ dt \quad \text{②}$$

$$NW = \int |JTP^-| dt \quad \text{③}$$

$$AW = PW + NW \quad \text{④}$$

ここで、JTP+は正の関節トルクパワー、JTP-は負の関節トルクパワーである、さらに、絶対仕事を回復期に要した時間で除すことにより、回復期の下肢関節平均パワーを算出した。

算出した項目の群間差を検定するため、各群間にtテストを用いた。なお、有意水準は5%とした。

3. 結果および考察

3.1 日本一流女子選手と男子選手の走動作の比較

表2は、走速度、ストライド、ピッチおよびそれらの構成要素を、各群の平均と標準偏差で示したものである。JF群とJM群では、走速度に有意差はなかったが、ストライドはJF群がJM群よりも有意に小さかった。しかし、身長比のストライドではむしろJF群の方が大きい傾向を示した (平均ではJF群98.8%, JM群97.7%)。ピッチは、JF群がJM群よりも大きい傾向にあった。ピッチの構成要素を見ると、両群間で支持時間には差がなかったことから、JF群の方がピッチが大きい傾向にあったのは、非支持時間が短かったことによるものと考えられる。

図2は、回復期における股関節トルクの変化を、各群

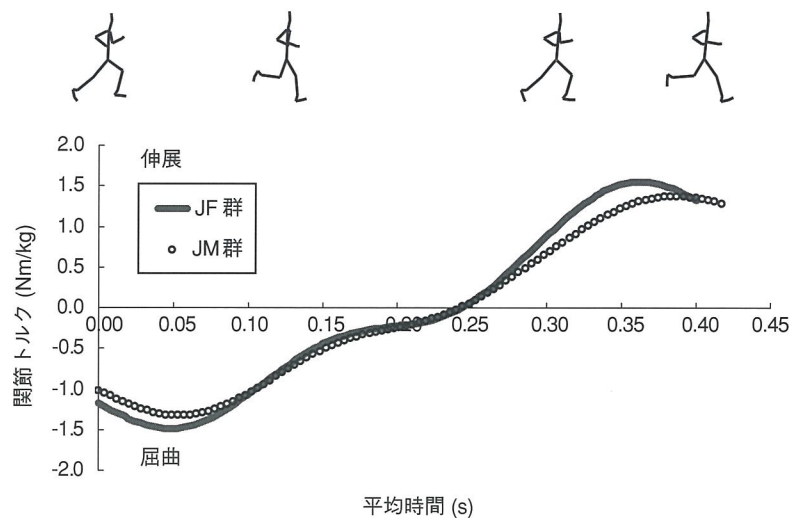


図2 JF群とJM群の回復期における股関節トルクの変化

の平均（体重あたり）で示したものである。トルクが正の場合には伸展トルクが、負の場合には屈曲トルクが優位であったことを示す。回復期前半における屈曲トルクおよび回復期後半における伸展トルクは、いずれも JF 群の方が大きかった。このことは、JF 群の方が、回復期における脚の引き出しおよび振り戻しのためのトルク発揮がすばやく、大きいことを示すと考えられる。

表3は、回復期における体重あたりの下肢関節平均パワーを、各群の平均値で示したものである。JF 群が回復期において股関節で発揮した平均パワーは、JM 群よりも有意に大きかった。

以上のことから、JF 群は JM 群よりも身長が低いことストライドは小さかったが、回復期において大きな下肢関節パワーを発揮し、短い非支持時間の中で脚の引き出しおよび振り戻しをすばやく行うことでピッチを高めていたと考えられる。

3.2 日本一流女子選手と世界一流女子選手の走動作の比較

表2に示したように、走速度は JF 群の方が WF 群よりも有意に小さかった。走動作をバイオメカニクスの比較する場合には、厳密には、同一速度で疾走している場合を比較する必要がある。本研究では、複数の公式競技会における内外の一流女子長距離選手を対象としているので、同一速度という条件を整えることができなかった。また、本研究で対象とした一流選手を実験的に疾走させることは現状では容易ではない。しかし、どのような動作的要因が走速度の差を生じるかを明らかにするには、むしろ走速度に差のある場合の動作を比較することが必要であると考えられる。これらのことから、本研究では内外の一流女子長距離選手の異なる走速度での動作を比較することにした。

JF 群の支持距離および支持期前半距離は、WF 群よりも有意に大きかった。しかし、非支持距離は WF 群の方が

JF 群よりもかなり大きく、そのためストライドも WF 群の方が有意に大きかった。両群間でピッチには有意差はなかったことから、走速度に差が生じた原因はストライドの大きさ、特に非支持距離の大きさにあったと考えられる。また、ピッチの構成要素である支持時間および支持期前半時間は JF 群の方が WF 群よりも有意に大きく、非支持時間は JF 群が有意に小さかった。

本研究では、大腿および下腿が鉛直線となす角度を部分の角度と定義した。表4に示したように、接地時における下腿角度は JF 群が WF 群よりも大きく、大腿角度も JF 群の方が大きい傾向にあった。このことは、JF 群の方が WF 群よりも、身体重心から遠い位置に足を接地していたことを示すと考えられる。表5は、支持期における身体重心の減速および加速を各群の平均と標準偏差で示したものである。支持期における身体重心の減速は、JF 群の方が有意に大きく、加速については有意ではなかったが、JF 群の方が大きい傾向にあった。支持期において水平速度の減少が大きいと、離地時までに身体重心をより大きく加速しなければならないため、エネルギーロスが大きくなると考えられる。以上のことから、JF 群において支持期の水平速度の減少が大きかった原因は、JF 群は接地時における大腿および下腿角度が大きく、支持期前半距離が大きかったためと考えられる。

図3は、1 サイクル中の右脚の大腿角速度の変化を各群の平均で示したものである。正の角速度は、大腿が前方へと引き出されていることを示す。接地後に大腿を後方へと振る速度は、WF 群の方が立ち上がり早く、やや大きかった。阿江ら（1986）は、支持脚の大腿の主な役割は、支持期前半から中間あたりで身体を水平に加速することであると述べている。WF 群では支持脚の大腿角速度が大きかったことから、支持期における身体重心の水平速度の減速を小さくできたものと考えられる。また、榎本ら（1997）は支持期中間点における支持脚の大

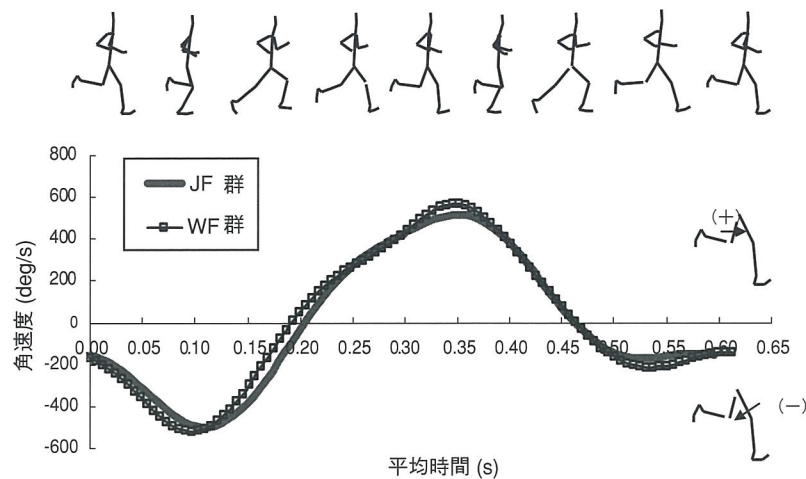


図3 JF群とWF群の1サイクル中の大腿角速度の変化

表3 回復期における下肢関節平均パワー

	膝関節 (W/kg)	股関節 (W/kg)	総平均パワー (W/kg)
	平均±SD	平均±SD	平均±SD
JF群 (N=10)	2.96 ± 0.29	3.44 ± 0.59	6.49 ± 0.84
JM群 (N=12)	2.66 ± 0.44	2.65 ± 0.64	5.38 ± 1.06
WF群 (N=7)	2.75 ± 0.38	2.80 ± 0.61	5.62 ± 0.92

* p<0.05, ** p<0.01

腿角速度と力学的エネルギー利用の有効性 (EI) との間に関連が見られたことを報告している。以上のことから、支持期において支持脚の大腿角速度を大きくすることは、身体重心水平速度の減少を抑えるなど、力学的エネルギーの有効利用につながると考えられる。

表3に示したように、回復期における体重あたりの下肢関節の平均パワーは、いずれの関節においても有意ではないが、JF群の方が大きい傾向を示した。JF群では、走速度はWF群よりも有意に小さかったものの、回復期におけるパワー発揮はWF群よりも大きかった。これは先述したように、JF群では非支持時間が短く、短時間に大きなトルクを発揮する必要があったためと考えられる。

以上のことから、WF群は、身体重心の近くに接地し、支持期前半距離が小さかったため、支持期における水平速度の減少を小さくでき、力学的エネルギーをより有効に走速度に変換できたと考えられる。一方、JF群は、短い非支持時間で大腿の引き出しおよび振り戻しをすばやく行う必要があり、回復期においてWF群よりも大きな下肢関節パワーを発揮していたと考えられる。

3.3 日本人女子選手の走動作の改善について

JF群の走動作の特徴は、ストライドは小さいが、回復期の下肢関節パワーを大きくすることで、ピッチを高

めるというものであった。したがって、日本人女子選手が世界水準のスピードに対応するためには、ピッチを現在の水準で維持するとともに、支持期前半距離の短縮によって水平速度の減少を抑えること、非支持距離の増大によってストライドを大きくすることなどが必要であると考えられる。

本研究で分析対象としたWF群7名のうち、6名がアフリカ系選手（ケニア人3名、エチオピア人2名、モロッコ人1名）であったことから、本研究のWF群に関する結果は、アフリカ系選手の特徴を強く反映していると考えられる。そこで、WF群のアフリカ系でない選手1名（V.W, オーストラリア人）の特徴を事例的に検討した。表6は、JF群、アフリカ系選手（以下AF群）、表2から、V.WはAF群よりもストライドがやや小さかったが、非支持時間を短くすることでピッチを高め、大きな走速度を獲得していることがわかる。こうした特徴はJF群と類似したものと考えられる。しかし、JF群よりも支持期前半距離が小さく、非支持距離は大きいといった特徴はAF群と類似したものであった。杉田ら（1997）は広島アジア大会におけるレース中の走速度、ストライドおよびピッチの変化について検討し、女子10000m世界記録保持者である中国の王軍霞の走法はピッチが高いことが特徴的であったと報告している。また、湯ら

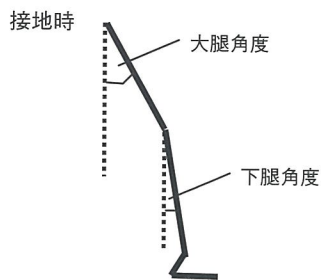


表4 接地時における大腿および下腿角度

	JF群	WF群	Significant difference
下腿角度 (deg)	5.2 ± 3.2	1.3 ± 1.8	JF>WF
大腿角度 (deg)	31.0 ± 2.9	29.3 ± 3.0	

> : p<0.05

表5 支持期の身体重心の減速および加速

	JF群	WF群	Significant difference
減速 (m/s)	0.297 ± 0.065	0.201 ± 0.055	JF>>WF
加速 (m/s)	0.296 ± 0.091	0.246 ± 0.067	

>> : p<0.01

(1996) は広島アジア大会におけるレース中の走動作を事例的に検討し、王選手は日本一流選手に比べて、支持期における重心の鉛直変位が小さく、水平速度の減少も小さかったことなどを報告している。このような王選手の走動作は、本研究におけるアフリカ選手の特徴とは異なるものと言えよう。これらのことは、WF群にみられた走動作の特徴は絶対的なものではなく、人種や形態によっても合理的な走動作が異なることを示している。しかし、「ストライドが大きい」、「支持期における水平速度の減少が小さい」などの点については、AF群、V.W選手および王選手ともにJF群よりも優れていたことから、実際の動作を考えると、身体重心の近くに接地して走速度の減少を小さくすることや、接地後の大腿角速度を大きくすることなどは、JF群の走動作改善の方向を示唆するものと言えよう。

4. まとめ

本研究より明らかになったことをまとめると、以下のようになろう。1) JF群は、JM群に比べて身長が低いためストライドは小さいが、短い回復期の中で大腿の引き出しおよび振り戻しをよりすばやく行っており、そのため、大きな下肢関節平均パワーを発揮していた。2) WF群のストライドはJF群よりも有意に大きかったが、支持期前半距離はWF群がJF群よりも有意に小さかった。3) 支持期前半における身体重心水平速度の減速は、JF群がWF群よりも有意に大きかった。4) WF群の接地後の大腿角速度はJF群よりも早いタイミングで増加していた。

これらのことから、日本一流女子長距離選手の走動作改善への示唆として、ストライドを増加させることや、支持期における身体重心水平速度の減少を抑えることが重要であると考えられる。そのためには、身体重心に近い位置に接地し、支持期における大腿角速度をよりすばやく増加させることなどが役立つであろう。

文献

- 阿江通良・宮下 憲・横井孝志・大木昭一郎・渋川侃二 (1986) 機械的パワーからみた疾走における下肢筋群の機能および貢献度. 筑波大学体育科学系紀要, 9: 229-239.
- 阿江通良 (1996) 日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数. J. J. Sports Sci, 15(3): 155-162.
- Cavanagh, P.R., Pollick, M.J. and Landa, J. (1977) A biomechanical comparison of elite and good distance runners. Ann NY Acad Sci, 301: 328-345.
- Cureton, K. and Sparling, P. (1980) Distance running performance and metabolic responses to running in men and women with excess weight experimentally equated. Med. Sci. Sports, 12: 288-294.
- Daniels, J. and Daniels, N. (1992) Running economy of elite male and elite female runners. Med. Sci. Sports Exerc, 17: 332-338.
- Davies, C, T, M. and Thompson, M.W. (1979) Aerobic performance of female marathon and male ultra marathon athletes. Eur. J. Appl Physiol, 41: 233-245.
- 榎本靖士・阿江通良・岡田英孝 (1997) 長距離走の疾走動作と力学的エネルギー利用の有効性. 陸上競技研究, 28: 8-15.
- 榎本靖士・阿江通良・藤井範久・鍋倉賢治 (1999) 長距離選手の記録向上と疾走動作の変化. バイオメカニクス研究概論, pp.224-228.
- 杉田正明・松尾彰文・阿江通良・伊藤 章・小林寛道 (1997) アジア大会における長距離走者のスピード, ピッチおよびストライドの変化. 佐々木秀幸, 小林寛道, 阿江通良 (監修), 財団法人日本陸上競技連盟, 東京, pp.99-110.
- 湯 海鵬 (1996) 機械的エネルギーからみた一流女子長距離ランナーの疾走フォームに関する研究～王軍霞選手と五十嵐選手の比較～. J.J.Sports Sci, 15(6): 415-420.
- Wells, R. P. and Winter, D. A. (1980) Assessment of signal and noise in the kinematics of normal, pathological and sporting gaits. Human Locomotion, I, pp.92-93.

基調講演：

陸上競技研究法の確立に向けて

関岡 康雄（仙台大学）

陸上競技がもっと実地的な研究として進められることに関して、私の考えの一端を述べさせていただきたい。

最初は、表題の「競技力向上」や「楽しみを味合わせる」ということについてである。陸上競技は、個人的な競技スポーツの代表として扱われて今日に至り、対象とする範囲が大変広い。たとえば、オリンピックや私どもが大学として直接かかわっているユニバーシアード、もしくは世界選手権、アジア大会などがある。そのようなものが陸上競技であるというように理解しがちであるが、そればかりではなく、体育の中で扱う陸上運動や陸上競技も、非常に大事な存在である。年配の方々が楽しむマスターズ陸上等も陸上競技として、われわれの勉強の対象に入ってくるであろう。そうすると、課題が生じてくる範囲は、とても広い。このことを念頭に置くべきである。

競技スポーツの世界では、トレーニングやコーチングの実践的な活動から、様々な課題が毎日のように出る。しかし、研究した成果をすぐ現場へ持ち込んでも、なじみにくいという難点も持ち合わせている。

一方、スポーツ教育、とりわけ学校体育の中で扱う陸上競技の観点から考えてみる。学校体育の中の陸上競技は、陸上競技ではないと考えられた時期もあったが、今日では「陸上競技は、競技スポーツである」というのが最近の考え方である。そう考えると、陸上競技を学校で教える、学習させるとするのは、チャンピオンスポーツを指導する立場から考えたときに、非常に大事な部分である。

私も教育の現場に携わったことがあり、確かに短時間の学習指導の中で、陸上競技の面白さを味合わせるのは大変難しかった。それをさかさまに考えると、「陸上競技はつまらない、面白くない」と子どもに思われてしまうことは、チャンピオンスポーツを目指していくピラミッド構造の裾野、底辺が非常に小さなものになることを意味している。陸上競技は競争という特性を持つが、その特性を授業の中で子どもたちに味合わせることは難しい。年間に10回ぐらいの40分から50分の授業の時間で、陸上競技を面白く感じさせ、もうちょっと本格的に取り組んでみたいと思わせるように指導していくというのは、通りいっぺんの努力では効果を生むことはできない。しかし、学校体育の現場は大事な部分である。もう少し陸上運動や陸上競技を本格的にやってみたいと思う

子どもを大勢つくるスポーツ教育が必要とされている。

先に述べたように、学習指導の中の陸上競技を競技スポーツとして扱うには、小学校から高等学校まで、発育発達に応じた学習指導の在り方を考える必要がある。しかし、学校体育の陸上競技は、「チャンピオンスポーツの考え方を下に下ろす」という安易なやり方でおこなわれてきたきらいがある。そのあたりを科学的に検証し、発育発達段階に応じた、競技スポーツとしての指導が必要とされている。いずれにしても、活動現場で生じる諸々の問題を科学的に解釈し、その活動方法の開発を進め、それぞれの現場に速やかにフィードバックすることが、われわれに与えられている課題である。

そのような前提で、私なりにこれまでの研究方向を眺めてみると、いくつか問題が出てくる。スポーツ科学は、医学、生理学、心理学、力学という学問のお世話になりながら発展してきた。スポーツ科学の中でも、陸上競技は一番先頭を走っていることになっている。陸上競技も、生理学や医学、力学などの親学問のお世話になって今日がある。

スポーツに関する研究は、競技力を高めることに主眼を置くことが多い。しかし、愛好者や仲間を大勢増やしていくことも、研究のねらいの一つとする必要がある。その部分をもっと研究すれば、研究の幅や対象が広がることになる。そのような要求は指導現場からも出てきている。確かに日本の陸上競技に関する研究は進んでいるけれども、もう少しそのような分野にも目を向けたい。

多くの研究成果がトレーニングやコーチングの活動現場に還元されて、高い競技力につながっていくことは確かではあるが、まだまだ足りない部分がある。これまでの研究は、大体が技術や戦術、体力や運動能力、トレーニング法やコーチング法に限られている。関連の研究誌の研究の方法なり内容を整理してみると、大体がそのあたりに集中している。ところが現実には、競技会の適切な運営の仕方や、競技力の向上につながる競技会の設定方法などの諸々の課題があるのだが、なかなか研究として整理されていない部分がある。会員相互の連携によって、研究の領域の幅を広げると同時に、奥行きも深めていくことが期待されている。

これまでの研究の対象を考えると、運動そのものや運動実践者に焦点が主に当てられてきた。指導者の問題や

環境の問題、運営や経営の問題、ITにかかわる問題などについて、もっと研究が行われる必要がある。最近では、ドーピングの問題を栄養学や薬学などの観点から研究することも要求されている。

また、タレントを発掘して育成していく観点からは、遺伝子の問題やどのようにしてタレントを選び出していくのかというようなことについて、部分的ではなく、もう少し現場に根ざしたものとしての研究のあり方が求められている。

薬学や栄養学は、最近かなり問題になっている。ある雑誌に、マヨネーズも危険であり、いろいろなサプリメントをうっかり買って飲むとドーピングに抵触する恐れがあることが書いてあった。現実的な問題も出てきているのに、それに関する研究を専門家に依存してしまって、われわれスポーツの現場の指導者や競技者が、実際に重要視していないと思われるふしもある。「面倒なものは専門家にお願いすればよい」という認識だと思われるが、あまり感心したことではなく、陸上競技にかかわる人のすべてが、そのような問題を真剣に考えて自分のものにしていく必要がある。そのためには、陸上競技の研究の一部として、引き込んでいかなければいけない。

これまでの陸上競技に関する研究の内容は、国際的に見てもかなり高いレベルにある。それは確かなのだが、今までの親学問の切り口で見た陸上競技の研究にすぎないのではないかと私は見ている。「一つの切り口だけでは解決しにくい問題」が陸上競技の指導現場や活動現場で出てくる課題である。陸上競技の研究には、陸上競技という立場に立った研究法が、もっと開発されていく必要がある。親学問をベースにしながら、陸上競技独特の研究法というのがあってもよいし、ぜひそうあってほしいというのが、私の感想である。

それぞれの分野の研究者が、今日もたくさんお見えいただいている。そのような専門の分野、部分から見たときには簡単に研究に着手できるであろうが、部分的な解決だけでは陸上競技の現場から出てくる諸々の課題には十分な対応をとることはできない。ここに問題が存在する。

言葉を換えれば、「研究のための研究」から「活動現場により還元できる実証的な研究」へということである。「情報機器等の発達に依存する研究」、つまり発達した情報機器があるので研究ができるというのではなく、陸上競技の現場から出てくる諸々の課題を解決するために、機器を開発する、または活用することも必要になる。

例えば、ある研究者が随分前から動作分析のために、陸上競技的に扱いやすい機器の開発を努力されている。ほかの研究者の方も同様な努力をされているが、それぞれの個人やグループでは限界があると思う。そのあたりを、この学会を媒体にしながら、より積極的な取り組みができるようになればよいと考えている。

そのようなことを整理してみると、研究法の開発や確立をして、そこに当面の課題が出てくる。それがある程度固まると、陸上競技学とは一体何なのかというところに行き着く。一人ひとりの力では限界があるが、学会というものを軸にしながら、いろいろな協力体制を強めて、陸上競技学というものが確立できれば喜びである。新しいものを作るのではなくて、今まであるものをもっとわれわれが使いやすいように、陸上競技の現場にもっと役立つようにしていくということがわれわれに課せられた使命であり、課題である。ぜひ皆様が力を合わせながら、いろいろな研究を進めていただきたい。それが、ひいては陸上競技学というものにつながっていくであろうし、いってほしいと願っている。

釈迦に説法の内容であったが、開会にあたって、私の夢の一端をのべさせていただいた。感謝申し上げる。

第1 シンポジウム：短距離走

司会：加藤 謙一（宇都宮大学）

シンポジウムのテーマは「陸上競技の指導と科学」である。このシンポジウムの趣旨は短距離、中・長距離、跳躍、投てきの4分野を対象に、日本を代表する指導者ならびに研究者の方々から、競技力を向上させるためにいかに「実践（トレーニングや指導）」や「理論（研究）」を行っているのか、また行おうとしているのかを論じてもらうことである。セッションは短距離、中・長距離、跳躍、投てきの順に進められ、それぞれ演者が発表した後、フロアーを交えた活発な討論が行われた。

短距離の演者は、指導者の立場から、東海大学の高野進先生にお願いした。先生は、日本を代表する名スプリンターであるとともに、現在指導者として活躍している。東京で開催された91年の世界陸上と92年のバルセロナ・オリンピックの400mではファイナリストを経験している。これまで日本人が世界の競技会で決勝に残ると

いうことは夢であったが、それを現実のものにされた立役者である。伊東浩司選手や末續選手をはじめ、現在数多くのトップスプリンターを指導している。

もうお一方は、研究者の立場から、大阪体育大学の伊藤章先生にお願いした。先生は短距離走に関する研究を数多く発表され、平成12年度日本バイオメカニクス学会の学会賞を受賞、また平成13年度の日本体育学会の学会賞を共同研究者としても受賞されている。先生の研究は91年の世界陸上をはじめとして、多くの競技会でのデータがもとになっており、指導現場に応用できるものとして高い評価を受けている。実際にそうしたデータは、岩本敏恵選手の100m日本新記録樹立（11秒58）に大きく貢献している。また先生は、昭和41年インターハイ110mジュニアハードルの優勝者でもあり、自ら競技者としても活躍された経験をもつ。

進化し続けるスプリントコンセプト

高野 進（東海大学）

今回は、末續慎吾選手の100m走を「乗り込む」「切り返し」「センター意識強化」「なんば歩き・走りのようなタイミングの取り方」などをキーワードに概説してみたい。

図1は、昨年の水戸国際と日本インカレの疾走スピード曲線である。太線が10秒05を出した水戸国際、細線が日本インカレ、灰色の線は200mの170m付近を示している。10秒05を出した水戸の時最高速度が11.63m/sまで上がっていてその持続も長いので、良いタイムが出ていることが分かる。

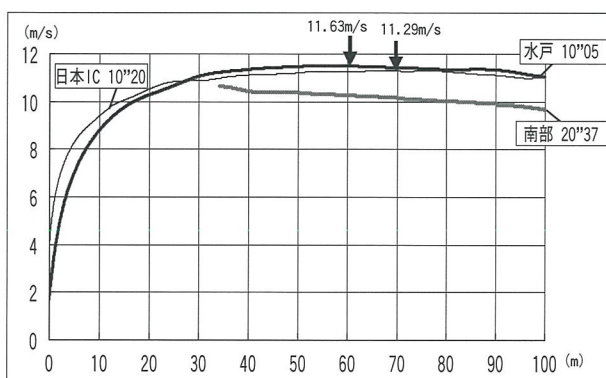


図1 末續選手のレースパターン

図2は、末續選手の100mと200mの疾走波形の比較である。100mの最高速度付近（70m付近）では頂点が台形になっているが、200mはいわゆる三角型になっている。100mは、一回接地して、ブレーキがかかり、後方へのキック局面で速度がもう一回上がり、持続してまたブレーキという波形である。200mも接地してブレーキがかかるが、この幅がブレーキ時間と推察される。つまり、100mではブレーキ時間が短く振幅が小さい代わりにスピードが持続しているが、200mでは持続する局面が非常に少ないことが特徴ではあるといえる。11

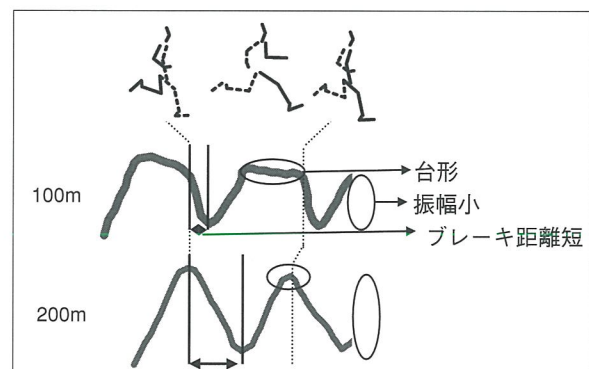


図2 波形の比較

秒台、10秒後半、10秒前半の選手の波形を比較すれば面白いが、細かくまだ比較解析するところに至っていない。ただし、末續選手自身の比較においては、200mと100mで相違があるということが明らかである。

「乗り込み」と「切り返し」、これは水平前方に脚を切り返して水平移動の力を得ようという動きであると考えるが、この切り返しで重心を乗せていく動きは非常に疲れる。私自身も、膝を上げて、ダイナミックな動きで行うことはできるが、水平方向に切り返ししながら重心を乗せていくというのはダメージが大きい。疲労してくると、脚は上から下に降ろすのが一番楽なので、脚を少し回し始めて、上から下に降ろしながら乗り込んでいく。200mの後半などは、上体がやや起きてきて、脚を回し始めていると感じる。理想は、200mでも、この100mの波形に近い形になるように走ることであり、それができればもう少し緩やかな減速になると考えている。

図3は、元日本記録保持者である井上悟選手の脚の重心の軌跡であるが、重心の動きがいわゆる円になっている。私自身も現役時代、中学・高校・大学と教わってきたイメージは、しっかり上から、ひざを上げて持つていくという、井上選手と同じような軌跡であった。ところが、カール・ルイス選手やロイ・バレル選手はあまり脚を回しておらず、後ろから前への往復（直線）運動に近いことが明らかになった。末續選手は、ルイス選手に近いというか、やはり脚を回していない。指導の中でも、末續選手が大学1年の時から、乗り込んでいくと同時に切り返していくということを強調してきた。まだ200m後半の分析はしていないので何とも言えないが、おそらく200mではこのような形になってくるのではないかと考えている。

図4は、ルイス選手が91年世界陸上で9秒86の世界記録（当時）を出した時と末續選手のスピード曲線を示したものである。末續選手の疾走速度が60m付近で11.63m/sなのに対して、ルイス選手は12m/sを超えており、しかも80m付近で最高速度に達し、さらにゴール手前でもう一度上がっている。これが、ルイス選手の世界記録の特徴であり、末續選手との明らかな差であると思われる。しかしながら、図5のデニス・ミッチェル選手は、この世界陸上のレースでは9.91秒で走っており、この時の最高速度が11.63m/sであった。つまり、末續選手は、最高速度に限って言えば9秒台を体感していると言えるわけである。多くの日本人は、前半飛び出して後半はあまり伸びないというパターンだったが、朝原宣治選手、伊東浩司選手、そして末續選手あたりは、9秒台スプリンターのスピード曲線に近づいてきており、特に末續選手は9秒台レベルの最高速度に達しているといえる。末續選手とミッチェル選手の唯一の相違は、ミッチェル選手が70～80m付近で最高速度に達しているという点だと感じる。ここを改善していけば、おそらく

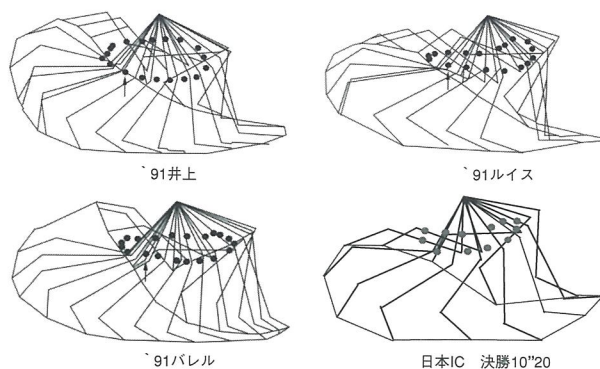


図3 脚の重心の軌跡

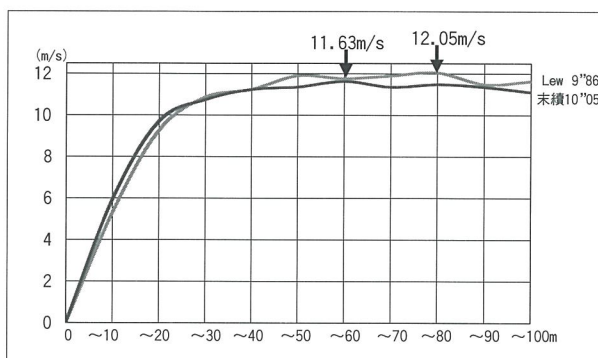


図4 Lewis 9"86と比較

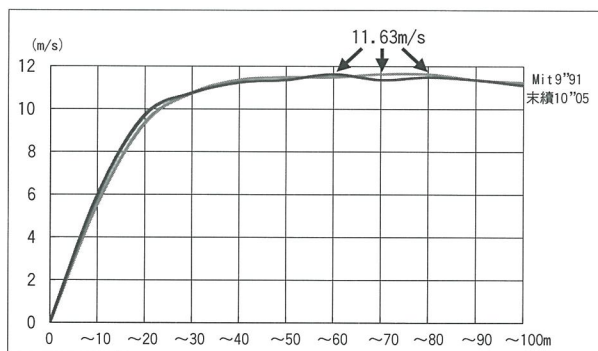


図5 Mitchell 9"91と比較

9秒台も現実の問題としてとらえてもいいのではないかと考えている。

日本インカレでは、スタートは非常に速かったが、レース後半で速度が頭打ちになっている。これは記録をねらい過ぎた結果であり、当然のことながらリラックス走法の習得も課題となるが、最高速度を60m以降にもってくための走技術の確立が重要である。これについては、上体をうまく乗せながら切り返すということと、腕振りも、力の発揮の仕方として相撲の「てっぼう」のような、なんば的な力発揮の腕振りをういて腰のあたりから上体を乗せていく、後方にキックしていくときにキック脚側の腰を手と一緒に前に持っていくような出し方

で、走りのポイントに近づけていくようなイメージづくりを現在行っている。

また、ルイスのレースを見ても分かる通り、彼はゴール手前で脚の切り返しを速めている。ストライドを伸ばしていくのではなく、むしろコンパクトに脚の動きを速めていってゴールしている。この動きはエネルギーの消耗が大きい。このようなゴール手前10mの切り返し動作が必要になってくる。トレーニングとしては、例えば1m 80~90の間隔でラダーをセッティングし、ラダーを置いても通常走行とあまりタイムが変わらないように走れるようにする。末續選手は、スタンディングスタートでの100mを10秒0~1で走るが、ラダーを置いても10秒1~2ぐらいで走れるようになってきていると思う。

200mで19秒台を目指すには、先に示したレース後半の波形を100m走に近づける努力をする。これは当然疲労を伴うので、筋持久力の向上、ハードな耐乳酸性のトレーニング、脚の切り返し動作の維持も取り入れなければならない。

私のコンセプト変遷の初期（大学3年時くらいまで）は、ダイナミックな脚の運び、前後に大きな腕振り、高い重心の維持などをずっと考えていた。しかし、400mを長くやるようになってから、効率性の追求、つまり内的仕事を減らして外的仕事を増やすというか、手足をできるだけバタバタさせずに重心が前に進んでいくということを求めている。ダイナミックな脚の運びや高い重心の維持も意識しなくなっていった。

オリンピックの後、ヒューストン大学のトム・テレッツ氏のところに留学した。当時200m走のまとめをしようと思って大きなフォームに戻っていた私に、テレッツ氏は「君の走りはそうじゃなかったはずだ。わざわざ重い荷物を背負って走る必要はないだろう」と言った。その

後、悶々としながら日本に帰ってきて、伊東浩司選手のすり足走法というか、ひざを上げず、重心を前にかけた特徴的な走りを見たときから、自分のスプリントに関するコンセプトがまた変化してきた。

末續選手は非常にバネがあるが、当初そのバネは上に跳ねていて体幹が暴れ、うまく推進力につながっていなかった。私は弾むという動きは必要だと考えていて、これがトム・テレッツ氏のいう「プッシュ」だと思うが、この弾む動きを体幹で受け止めて、そのエネルギーを進行方向に向けなければいけない。そのために体幹を強化し、脚の切り返しと弾むという末續選手の能力をうまく統合し、前方向にカモシカのように弾みながら体幹を乗せていく走りを目指すトレーニングを行ってきた。具体的には、より弾むために弾まない環境、すなわちアップヒルでのトレーニングを多く取り入れている。アップヒルは位置エネルギーをあまり使わないので弾まない。次に切り返し、すなわち脚を素早く前に持っていくリカバリーのトレーニングでは、冬場を中心に砂浜などをよく使う。大腰筋など股関節のつけ根の筋肉を強化するために、砂浜のように弾まない状況の中で素早く前に脚を持ってくるという動きを強調する。併せて、腹筋強化などセンターを意識した体幹トレーニングを相当量行っている。

このような取り組みを3年間行ってきた。末續選手のみならず、他の選手についても何らかの成果は見えてきているので、最近では自分の中で何となくつかみかけたかなと感じている。ただし、新たな情報によって変わることも多々あるので、様々な意見交換のなかから、次のイメージをわかせていきたいと考えている。

注：本稿は、高野氏の講演をもとに日本陸上競技学会編集委員会においてまとめたものを、高野氏が加筆・修正したものである。

最高疾走速度を高める動作

伊藤 章（大阪体育大学）

【はじめに】

本稿では二つのトピックを取り上げる。一つ目は「疾走速度と動作の関係」で、分析データをもとに世界の一流選手に共通する疾走動作を明らかにしようとする。二つ目は「接地ブレーキの役割」で、現在一般的に信じられているブレーキを減らすことによって疾走速度を高める試みが、本当に可能かどうかを検証する。

【疾走動作と速度の関係】

1. 分析対象には9秒台の選手も

世界の一流選手から大学の短距離選手（男子51名、女子28名の合計79名）について、試合におけるスタート後50から60m付近の最高速度で疾走中の動作を分析した。対象とした100mレースは、世界陸上競技選手権（東京、アテネ）、アジア大会、日本選手権、日本学生選手権、地方学生選手権におけるものであった。測定時の最高記録は、男子選手が9.86秒で女子選手が10.83秒であった。ここでは、特に日本の宝である末續選手の動作（学生選手権の時の10秒20のデータ）について取り上げ、他の選手と比較しながら紹介する。

2. 測定項目には指導ポイントを採用

測定項目は、指導現場において一般的に採用されている指導のポイントを選択した。すなわち、脚が地面から離れて前に脚を運び、再び着地するまでのスイング動作（いわゆるもも上げに関連した動作）と接地中のキック動作について以下の測定項目を選択した。

- 1) 引き付け動作：ももを上げやすくするために膝関節を曲げる動作
- 2) もも上げ動作：ももを高く上げる動作
- 3) 振り出し動作：高いもも上げを利用して脚を前方へ大きく振り出す動作
- 4) 振り戻し動作：大きな振り出しを利用して振り戻す動作、その勢いを利用してキックする
- 5) 股関節の最大伸展速度：大腿を大きく後ろへスイングするキック動作
- 6) 膝関節と足関節の最大伸展速度：キックの後半に膝を伸ばし、足首も伸ばしてスナップを利かす動作

3. 自然なスイング動作でOK

図1にスイング動作と疾走速度の関係を示した。図中の大きな○と△はそれぞれ末續選手の右脚と左脚のデータである。まず全体的な傾向だが、引き付け角度（膝関節の最小角度）は遅い選手も速い選手もほぼ同じであった。疾走速度の高い世界一流の中には大きな値の選手もいるが、これはもも上げ脚を引きずっているような走りだ。この結果は、引き付け動作でひざを十分曲げなければ速く走れないということは正しくないことを示している。そして、もも上げ角度も疾走速度の違いに関係なくほぼ一定の値を示した。我々は小学生についても同様に測定しているが、ほとんどこれと同じもも上げ角度であった。したがって、短距離選手が今以上ももを高く上げようとドリルを必死に行うということについては再考すべきだとアドバイスしたい。振り出し角度も同様で、疾走速度の違いに関係なくほぼ一定の値を示した。

末續選手の値は、どの測定項目においても平均的であった。世界の一流においてももが上らない選手も上がる選手もいるが、このばらつきの大きさは遅い選手もほぼ同じであった。つまり、このもも上げの高さは、骨格などの形態的な要因で決まるものであって、それを変えることには無理があると考えるべきである。個々の選手にとって必要なだけ自然にももを上げることが大切だと思われる。

4. 一流選手のキック動作

図2にキックの動作と疾走速度との関係を示した。図2-上の股関節の伸展速度（大腿を後ろにスイングする速度）は、疾走速度の違いに関係なくほぼ一定の値を示した。股関節の伸展速度は疾走速度を生む原動力だと思われるのだが、分析結果は異なっていた。末續選手は、

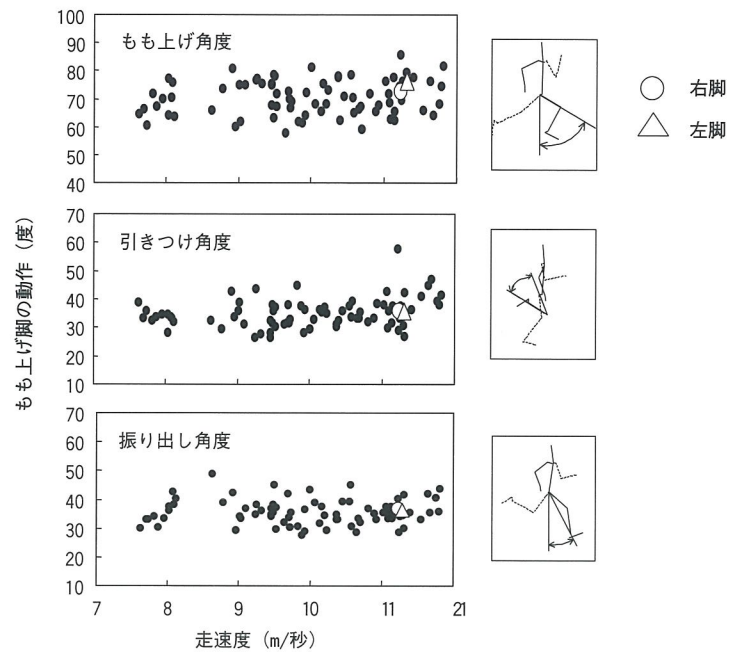


図1

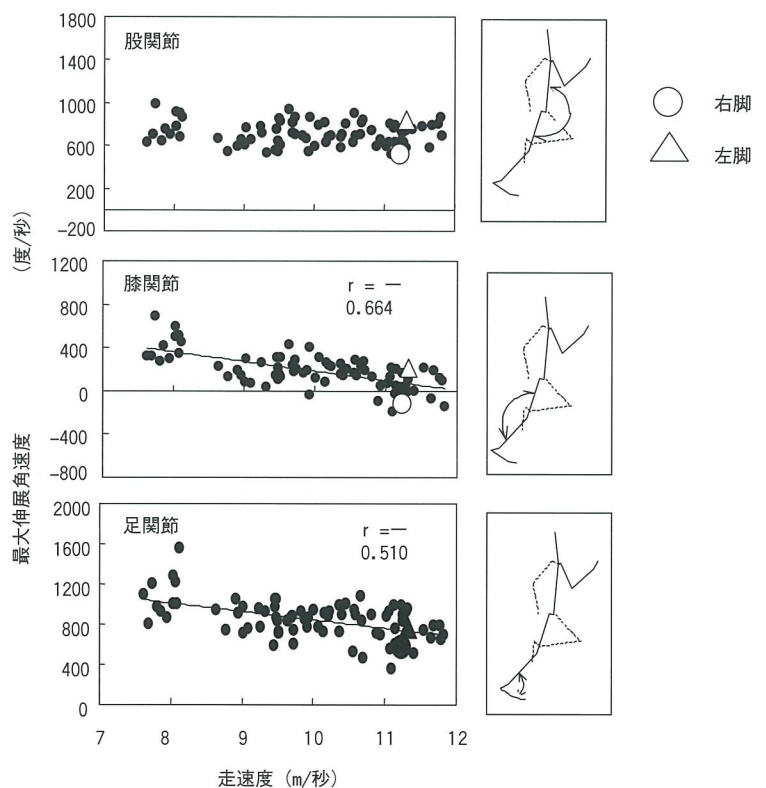


図2

左脚の速度の方が右脚より高かった。なお、ここにあるデータは全て右脚と左脚の平均値を取っているが、末續選手のように、左右脚の値が違うことは多いと思われる。

膝関節を伸ばすスピード（図2-中）は、全体の傾向では速い選手ほど低い値を示し、特に世界の一流選手はほぼゼロに近かった。つまり、一流選手はキックの後半に膝を伸ばさず、その角度を保ったままキックを終了す

ということである。末續選手は、左脚については膝をやや伸ばしながらキックする傾向が見られたが、右脚はむしろ膝を曲げながらキックしている。後で解説するが、右膝の動作のほうが理想に近いものであった。

足関節を伸ばすスピードは、全体の傾向では膝関節と同様に速い選手ほど低い値を示した。つまり、速い選手のほうが、足首のスナップのスピードが遅いということである。末續選手は、右足関節の伸展速度が左より低かった。つまり、末續選手のキック動作に関しては、右脚のほうが技術的に高いということが分かった。

図3に脚全体（股関節とくるぶしを結んだ線で表す）の後方スイング速度と疾走速度との関係を示したが、疾走速度の高い選手ほど高い値を示した。末續選手の場合は、右脚のほうが左脚に比べ遅かった。上述では、右脚のほうが技術的には高いことを指摘したが、左脚の後方スイング速度の方が速く、逆の傾向であった。その原因は、右脚は大腿の伸展速度が左脚に比べ著しく遅かったからである。もし末續選手の左右脚の良い点を集めることができたならば、今すぐにでも100mで10秒を切るだろう。

5. 遅い選手はその場かけ足のキック動作

図4に遅い選手と速い選手のキック動作のデータをもとに、モデル図を用いて特徴を示しキック動作の意味を説明する。速い選手と遅い選手の股関節の伸展速度は同じであったので、左右の図において股関節の伸展（大腿の後方スイング）は同じにし、膝関節と足関節は遅い選手については伸ばすようにした。すると、遅い選手のキックの特徴を持った図4-左は、膝関節を伸展したために足が後方へ戻ってしまい、速い選手と比較して少しの前進しか得られない。しかも、足関節と膝関節の伸展によって上下動が生まれる。一方、図4-右の速い選手は遅い選手と同じだけ股関節を伸展しても、膝関節を伸展しないので大きく進み、しかも足首も伸ばさないので上下動無しに前にまっすぐ進む。実際、遅い選手と速い選手の身体重心の上下動を調べたところ、遅い選手は約8cmの上下動があるが、世界一流は約3cmしかなかった。

つまり、速い選手は股関節の伸展速度（大腿の後方スイング速度）が脚全体の後方スイング速度にそのまま転換できているので効率よく前へ進むのである。これはその場かけあしと比較すると分かりやすい。接地脚の大腿の後方スイングは膝関節を伸展するために脚全体のスイング速度には転換されない。したがって、前へ進まない。

6. ルイスより進化したグリーンのキック動作

図5に両選手の左右キック脚の関節伸展速度と脚全体（図3で示したように股関節とくるぶしを結んだ線であらわす）の後方スイング速度の変化を示した。プラスは関節が伸展、マイナスは屈曲していることをあらわす。

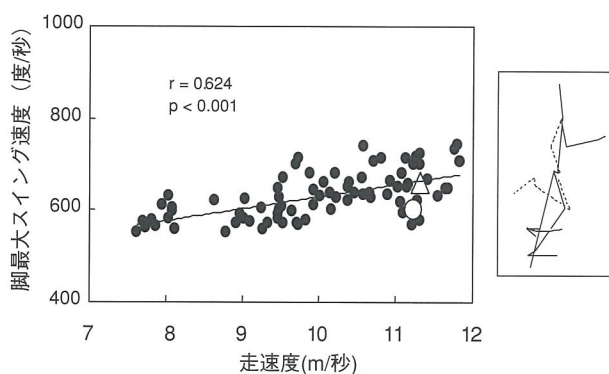


図3

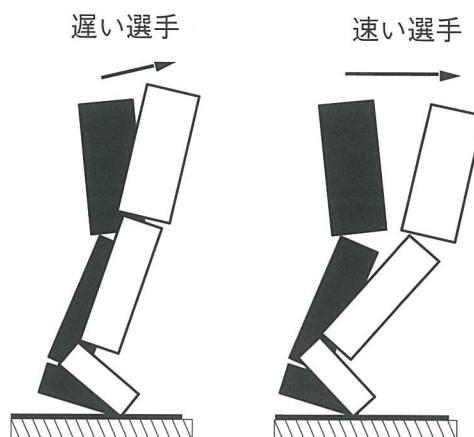


図4

末續選手の左脚（図11-右・下）は後で示すカール・ルイス選手とほぼ同じ特徴を持ったキック動作をしている。つまり、股関節はキック中常に伸展（プラスの値）し、膝関節と足関節は接地前半にやや屈曲（マイナスの値）し、続く後半にやや伸展（プラスの値）する。そして、股関節の伸展速度（大腿を後方へスイングする速度）は脚全体の速度に一致している。このようなキック動作は、大腿を後ろへスイングする速度がそのまま脚の速度に伝達されているので合理的である。

しかし、グリーン選手（図11-左）はさらに進んだキック動作を行っていた。すなわち、左右のキック脚ともに足関節は接地前半にわずかに屈曲し後半伸展したが、膝関節はマイナスの値が示すよう接地中は常に屈曲し続けた。そのため、股関節の伸展速度（大腿を後方へスイングする速度）よりも脚全体を後方へスイングするスピードの方が速くなった。つまり、これは図4-右のモデルよりさらに進化した図6-右に示すキック動作である。図6-左は図4-右の速い選手のキック動作と同じだが、それに比較して図6-右はグリーン選手の特徴をあらわしたものである。キック後半に膝関節を屈曲するとさらに進むことが理解できるだろう。

前述のように空中に浮かんでストライドを得るために

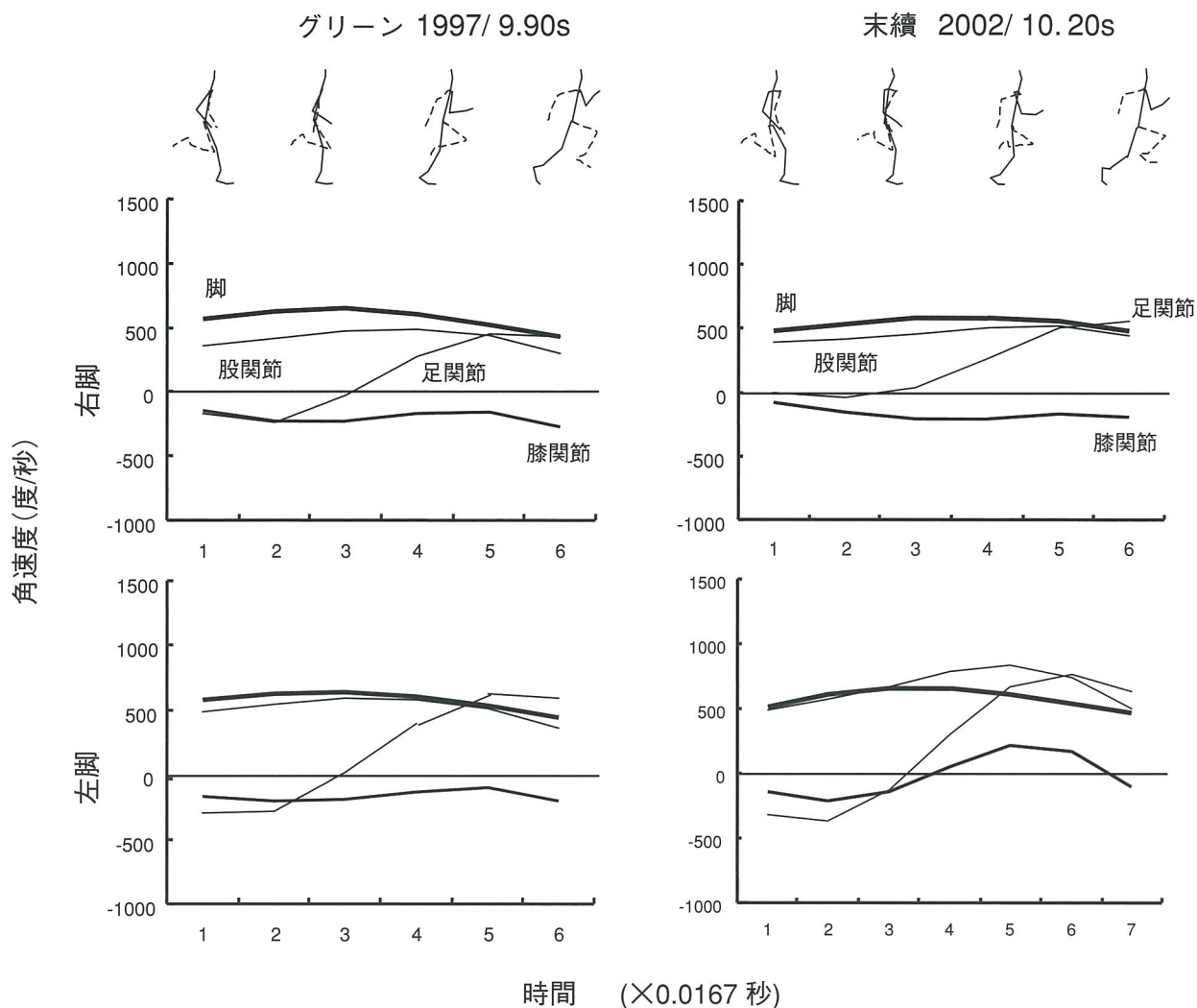


図5

末續選手の場合、右脚はグリーン選手と同じ進化したキック動作であったが、左脚は図4の速い選手と同じで、後述の図7右のカール・ルイス選手と同じ特徴を持っている。

7. 練習によってキック動作は改善できる

このような合理的なキック動作は練習で身に着けたものなのだろうか。天才といわれる選手たちは、教えられることなくそのような動作を身に着けていると考えるほうが自然だろう。しかし、天才ではない選手たちはそうはいかない。だから練習によって身に着けなければならないのだ。以下に練習によってキック技術が劇的に改善された実例を紹介する。

図7-右はカール・ルイス選手、図7-左は北田（現在は岩本）敏江選手のキック脚の角速度変化を示している。図の見方は末續選手とグリーン選手の図5と同じである。ルイス選手は膝関節と足関節は接地後屈曲しその後伸展するが、その角速度変化はほぼゼロに近く著しく小さい。そのため、股関節の伸展速度（大腿を後方へスイングする速度）は脚全体の速度と一致している。これ

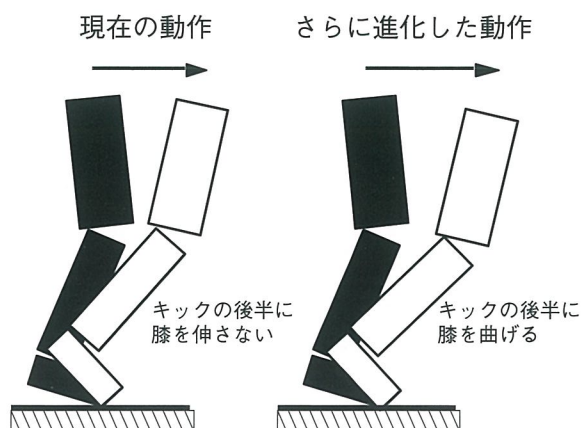


図6

3 cm 程度の上下動は必要となる。しかし、グリーン選手のようなキック動作では上下動は生まれない。しかし、その上下動は腕振りによっても獲得可能である。腕を振るだけで身体重心を 3 cm 程度上下動させることは可能だからである。そうなれば、キック動作自体はまっすぐ前に進む部分だけを分担することができ、なおさら都合よくなる。

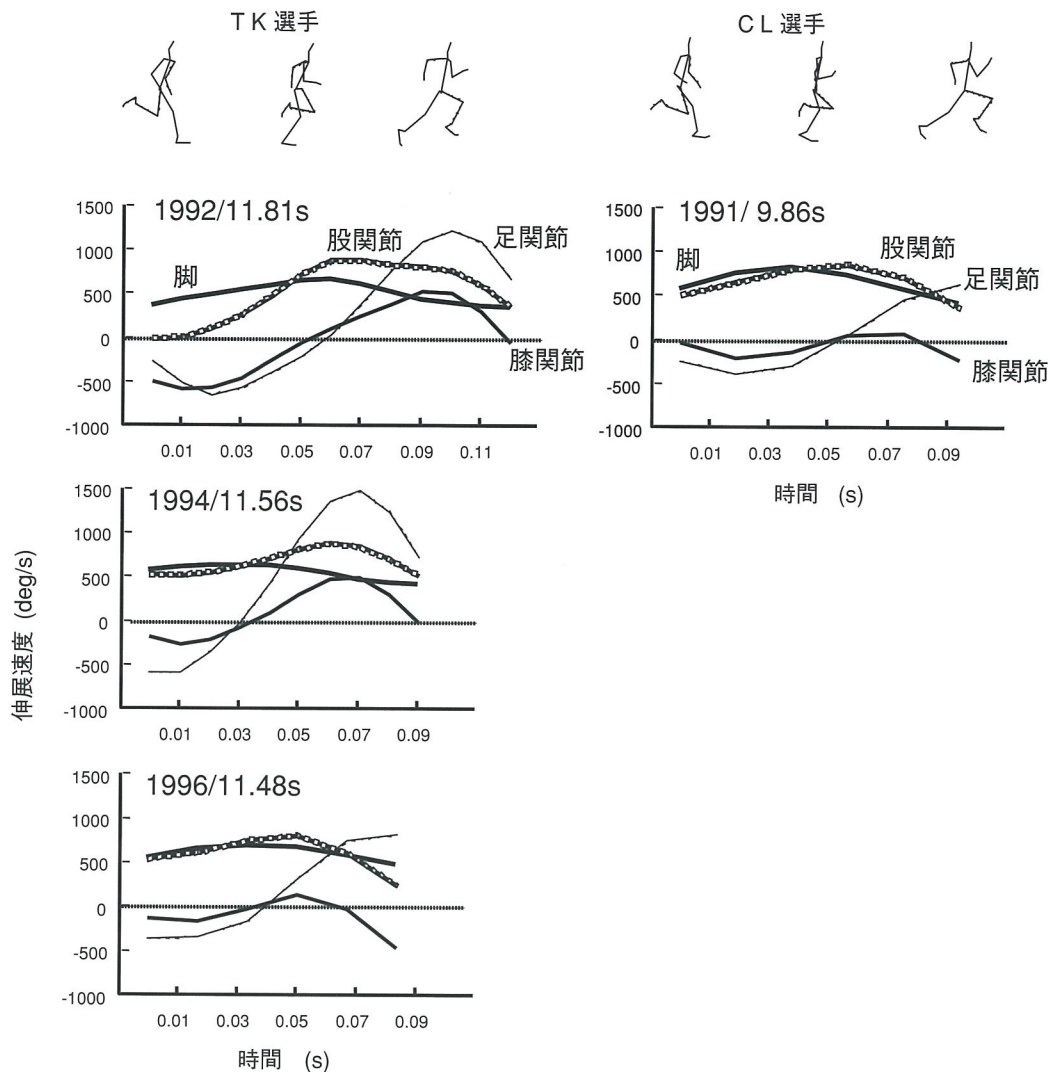


図7

は前述した末續選手の左脚に近いキック動作であり、合理的なキック動作である。

北田選手の図は、1992年の11秒81（図7-左・上）から1996年の11秒48（図7-左・下）まで100mのタイムが向上した時のキック動作改善の記録である。1992年当時は膝関節の接地後の屈曲と、キック後半の伸展速度がともに著しく大きかったので、股関節の伸展速度が脚全体の速度と全く一致していなかった。つまり、大腿が勢いよく後方へスイングされても、その速度は膝関節の伸展に吸収され、脚全体のスイングとはならなかったのである（その場かけ足の動作が含まれたキック）。

1992年のデータは北田選手本人が分析したものだが、この時点でルイス選手のデータとの違いをはっきり認識し、キック動作の改善を決断した。その後の練習などの内容は伊藤（1999）にまとめてある。ここでは図7をもとに簡単に説明するが、1994年には膝関節の速度変化は減少し、股関節の伸展速度と脚全体の後方スイング速度が一致し始めた。しかし、それでもまだルイス選手と比較するとその改善は十分ではなかった。そして、足関

節の速度変化は依然大きかった。ところが、日本記録を達成した1996年になると、ルイス選手とほぼ同じキック形態にまで改善された。このように日本記録の達成には体力的な向上はもちろんのこと、キック技術の改善も大きく関係していた。

これは一例ではあるが、キック動作が劇的に改善される可能性を実証したものであり、今後の現場における指導の励みになるものと考えている。

【接地ブレーキの役割】

1. 優秀選手は接地ブレーキが少ない？

疾走中の接地期の前半にブレーキがかかるが、「身体の真下近くに接地することでブレーキを少なくし、それによって高い疾走速度を得よう」と指導する場合がある。これは本当に可能なのか検証する。

図8にスタートダッシュ1歩目から、最高速度までのキック力を示した。図8-上は鉛直方向のキック力で、体重を支え少し上下動を生むための力である。一流選手はこの力を利用して約3cmの上下動をしている。また

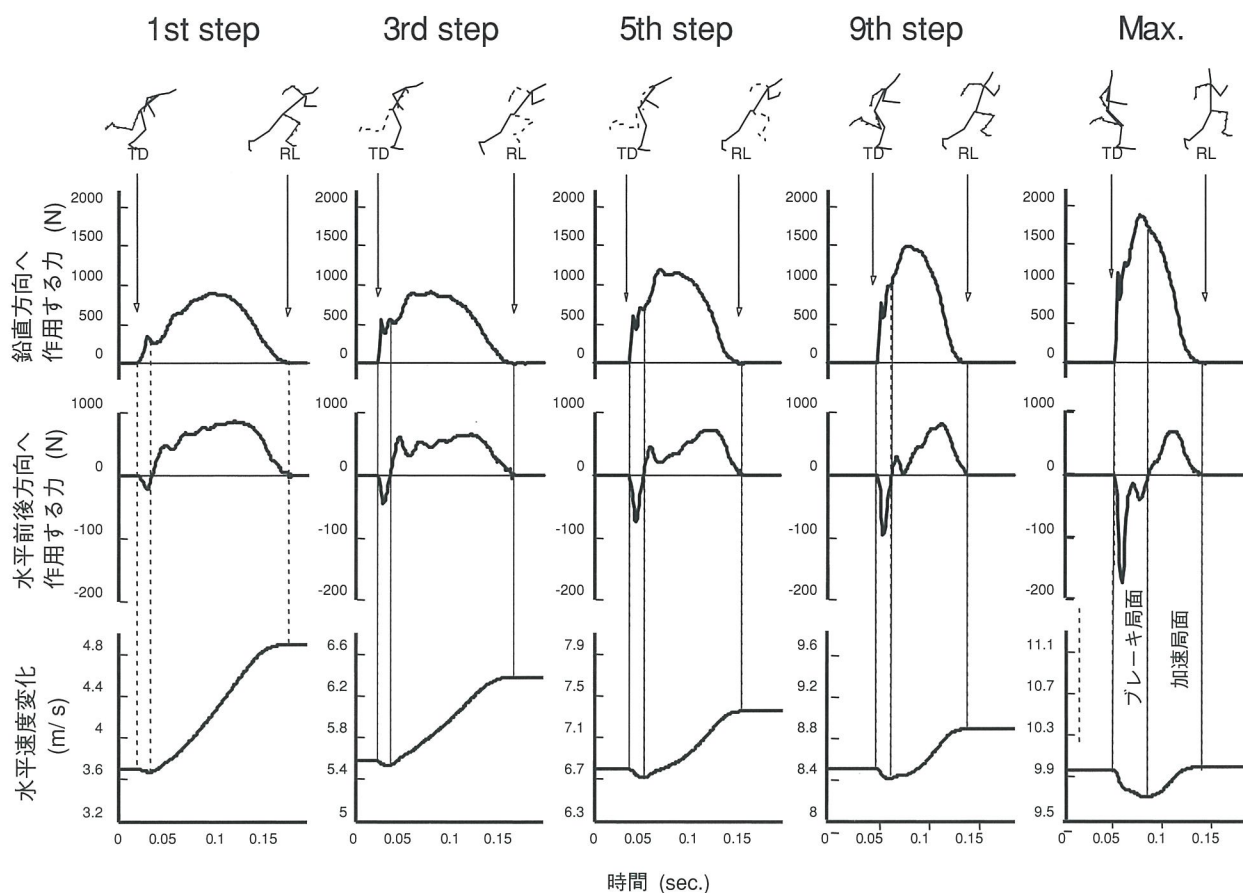


図8

接地時間はスタート後の速度の増加とともに短くなる。図8—中は水平方向のキック力で、ゼロより下はブレーキで上は加速のキック力を発揮していることを示している。図8—下はこの水平方向のキック力から算出（力積）した疾走速度変化である。

図8—中・下をもとに説明すると、スターティングブロックをけり終えた最初の1歩目は約3.7m/秒の走速度で接地し、ブレーキがほとんどなく加速のキック力だけが発揮される。その加速のキック力によって約4.8m/秒まで加速し空中に飛び出す。その後徐々にブレーキのキック力が増加し、加速のキック力が減少する。そして、9歩目では約8.5m/秒の走速度で接地するがブレーキのキック力によって約8.4m/秒に減速し、その後加速のキック力によって約8.8m/秒まで加速する。

さらに走速度が増加し、図8の一番右のように約10m/秒の走速度で接地しブレーキ力によって約9.7m/秒まで減速し、その後の加速のキック力によってもとの約10m/秒にまで加速した状態が最高疾走速度に到達した時である。つまり、減速と加速の大きさがほぼ同じになった時点が最高疾走速度となる。コーチング現場ではこのブレーキを減らすことで最高疾走速度を高めようとしているのである。

ブレーキを減らすために身体の真下近くに接地するように指導しているが、速い選手ほど身体の真下近くに接

地しているのかどうか調べた。図9は接地の瞬間（左）と離地の瞬間（右）のつま先と身体重心との水平距離（身長に対する％で表示）と最高疾走速度との関係調べたものである。図で分かるように、最高疾走速度と接地距離にはまったく関係が見られなかった。つまり、速い選手ほど身体の真下近くに接地しているということは間違いであることが明らかとなった。

最高疾走速度時のブレーキと加速の大きさを、日本代表選手1名を含む26名の男子短距離選手について測定し図10にまとめた。すると、最高疾走速度とブレー

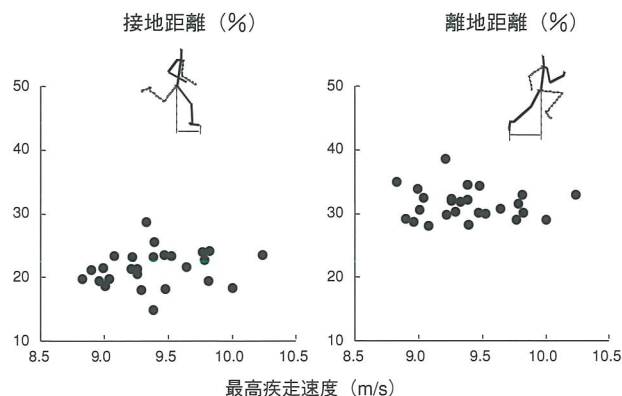


図9

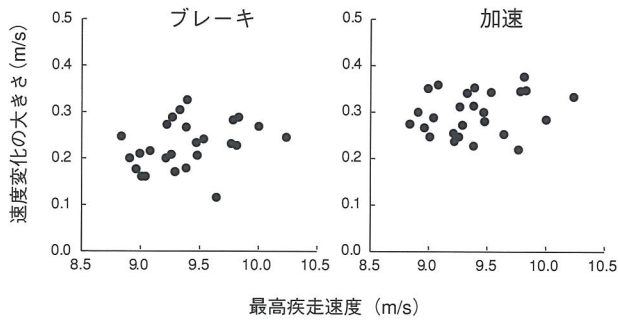


図10

キの大きさにはまったく関係が見られなかった。つまり、ブレーキを減らすことで最高疾走速度を高めることはできないのである。

また、加速の大きさも最高疾走速度とは関係が見られなかったが、これはブレーキと状況が少し異なる。筋は速く動いているものに対しては大きな加速力を発揮することができないという性質を持っている。ゆっくり走っている人に対して背中を押して加速させることは簡単だが、さらに速く走っている人の背中には触ることがやっとなで押すことは難しくなる。つまり、加速させることはできなくなる。つまり、最高疾走速度が高い選手ほど自分に対して相対的に動く地面の速度は高くなり、速い選手と遅い選手の加速が同じであっても、その内容はまったく異なっているのである。つまり、速い選手は速く動いているものに対して加速力を発揮できる能力を持っているのである。

なお、全体に加速のほうがブレーキより大きい理由は以下のとおりである。地面をけり終わってから空中を飛んでいる間に空気抵抗を受け走速度が落ちる。その空気抵抗によって落ちる走速度の分だけ余分に加速しているのである。

2. 速い選手のキック力の特徴

上述のようにブレーキを減らすことは最高速度を高めることにはならないということを検証できたが、では速い選手はどのようなキック力を発揮しているのだろうか。他の測定データも含めまとめると、1) 速く動いている地面に対して、2) 短時間に、3) 大きなキック力を発揮していたのである。このようなキック力の発揮は、体力とともに上述した膝関節と足関節を屈伸せずに脚全体をスイングするキック技術によって可能となる。このことは両手に棒を持ち台車に乗った人間が、その棒（脚）で地面を押して進むことを考えると理解しやすい。速く進むようとする場合、柔らかい棒と硬い棒のどちらを選択するだろうか。もちろん、曲がることの少ない硬い棒のほうを選ぶだろう。つまり、速い選手のキック脚の動きの特徴（膝と足首の曲げ伸ばしが少ない）が硬い棒を現しており、それによって上記の1), 2), 3) の特徴を持った

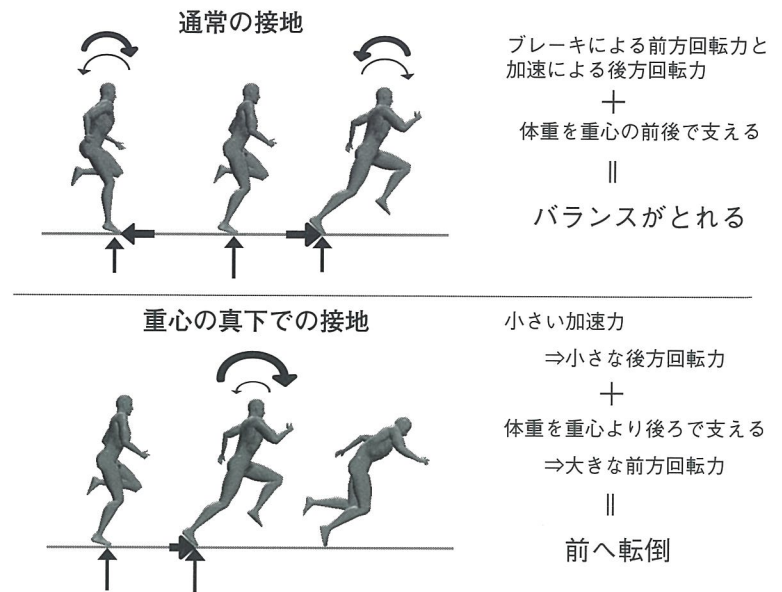


図11

キック力の発揮が可能となるのである。

3. ブレーキを減らそうとすると前へ転ぶ

水平方向のキック力（ブレーキや加速力）と鉛直方向のキック力（体重を支え歩幅を得るために必要な上下動を生む）はどのような働きをしているのだろうか。図11-上は通常の疾走時で、図11-下は身体重心の真下近くに接地した場合のモデルである。

通常のキックについて説明すると、図11-上・左で示したブレーキ局面では鉛直方向のキック力は身体重心の前で作用するので身体を後方へ回転させ、ブレーキ力は逆に前方へ回転させる。その結果、これらの回転力がお互いに打ち消しあって全体としてバランスが取れる。図11-上・中はブレーキ局面から加速局面へ移行する瞬間で、水平方向のキック力はゼロで鉛直方向のキック力は身体重心の真下なので両キック力ともに回転を生まない。図11-上・右は加速局面であるが、鉛直方向のキック力は身体重心の後ろで作用するため身体を前方へ回転させ、加速力が後方へ回転する力を生じる。その結果、これらの回転力が打ち消しあって身体は回転しない。このようにして、ブレーキ局面も加速局面もそれぞれバランスが取れ身体をまっすぐに保ったまま走ることができるのである。

一方、図11-下・左のように、身体重心の真下近くに接地するとブレーキは無くなり（少なくなり）、鉛直方向の地面キック力は身体重心に真下に作用するのでこれらのキック力によっては身体に回転は生じない。その後、図11-下・中の加速局面では、鉛直方向のキック力は通常の走りのブレーキ局面の分も合わせて（そうでないと、通常通り体重を支えに必要な上下動を得ることができない）身体重心の後ろで作用するので身体の方前への回

転は著しく大きくなる。そして、ブレーキが少なかった分だけ加速のキック力を発揮する地面の速度は通常より速くなる。前述のように、筋はゆっくり動いているものには大きな力が発揮できるが、速く動いているものに対しては大きな力は発揮できないという性質がある。したがって、この場合は加速のキック力は通常より小さなものしか発揮できないので、それによって生じる身体の後方回転も少なくなる。その結果、身体全体では前方回転が残ってしまい、前へ転倒してしまうのである。だから、ブレーキを減らそうという試みは失敗するのである。もちろん、ゴールにおけるフィニッシュの1歩については、その後転んでも良ければ試みる価値はある。

【終わりに】

最高疾走速度は、高い速度で動いている地面に対し、短い接地時間にどれだけ大きな加速力を発揮できるかによって決まる。そこには体力とキック技術が関係している。短距離選手にとって必要な体力を身につけるにはどのようにしたら良いのか今後の検討課題であるが、少なくとも筋力発揮速度を高めるには伸張性筋活動を含む反動を利用したトレーニングが必要であることは確かである。また、トレーニングのターゲットとなる筋群とトレーニングに用いる動作は短距離走動作と一致したものを採用すべきである。そして、優秀選手の疾走技術は幾何学的に良く進む動きであるばかりでなく、上記特徴を持った加速力を発揮するために役立つものでもある。

したがって、短距離選手のための体力トレーニングは、短距離走の技術や筋活動を熟知した短距離コーチでなくては処方できないと思う。

【参考文献】

- 伊藤 章・市川博啓・斉藤昌久・佐川和則・伊藤道郎・小林寛道（1998）中間疾走局面における疾走動作と疾走速度の関係。体育学研究 43：260－273。
- 伊藤 章（1999）岩本敏恵選手の 100 m の記録向上にともなう疾走動作の変化とトレーニングの考え方。トレーニング科学 10：145－154。
- 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。

第2シンポジウム：中・長距離走

司会：杉田 正明（三重大大学）

中・長距離セッションでは、酒井勝充監督（コニカ）にコニカ陸上部の強さの秘密を、伊藤静夫先生（日本体育協会スポーツ科学研究所）には体温調節の観点からみたマラソン選手についてのお話をいただいた。

酒井監督は、秋田県出身でマラソンのベストタイムは2時間13分39秒、全日本実業団対抗駅伝で区間賞を獲得されるなど、マラソン中心に競技生活をコニカで送られ、1992年の4月から監督を務められ今年で11年目になる。監督に就任されてからのコニカ陸上部の活躍は、ワイナイナ選手がアトランタオリンピック（マラソン）で銅メダル、続くシドニーオリンピックでは銀メダルを獲得し、2時間8分43秒のベストタイムをマークしている。また坪田選手が昨年の日本選手権1万メートルで優勝し、今年の2月には、松宮隆行選手が30キロで1時間28分36秒の世界最高記録を樹立している。

今回は、「コニカ陸上競技部で実施している『日常生活・基礎トレーニングの重要性』について」という題目

でお話をいただいた。

伊藤先生は、愛知県出身で、東京教育大学の大学院を卒業され、昭和49年から（財）日本体育協会スポーツ科学研究所（講演時はスポーツ科学研究室室長代理）に勤務され、現在に至っている。伊藤先生の研究分野は、主に運動生理学、特に身体運動と体温調節に関する研究である。主な活動として、（財）日本オリンピック委員会科学サポートプロジェクト委員、（財）日本スケート連盟の科学サポートスタッフとして競技選手の科学サポートを実施されている。伊藤先生は、大学時代は中距離の専門で、日本選手権やインターカレッジで入賞の経験もおありとのことである。

伊藤先生のご研究分野は、主に運動生理学、特に身体運動と体温調節に関する研究がご専門であるが、今回は、「長距離マラソンのパフォーマンスに関連する生理学的モデル」というテーマでお話をいただいた。

コニカ陸上競技部で実施している『日常生活・基礎トレーニングの重要性』について

酒井 勝充（コニカ陸上競技部）

1993～1998年、全日本実業団駅伝で15～20位という不本意な成績であり、不振の原因分析を実施した中に下記の背景があった。

①日常生活に乱れがあり、質の高い練習を消化する事が出来なかった。

（日常生活：食事・ケア・睡眠を指す）

・食事においては、サプリメントを取れば強くなれるという他人任せの意識があった。

・栄養バランスに偏りがあり、スポーツ競技者の食事を摂取していなかった。またファーストフード、スナック菓子の大量摂取など食生活の乱れがあった。

・ケアにおいては、他人任せ・依存の気持ちが強く、簡単に出来るストレッチング・アイシング等が実施できていなかった。

・睡眠においては、外的誘惑（テレビ・ゲーム・インターネット等）が多く、睡眠時間を減らす要素が多くなっていった。また、金銭的にも余裕が出て、外出の機会が多くなり、飲酒による生活の乱れがあった。

②目標の認識が甘く自分の事と捉えておらずレース結果に責任が無かった。

・目標設定については、最初に最終目標を設定し、ブレイクダウンして10年～5年～3年～1年～半年～月～週～日と展開させ、目標を明確にして目的意識を持たせ日々の練習に取り組みをさせていなかった事もあり、自己意識が希薄であった。

上記原因の共通項として、競技者の自己管理能力・自己指導能力不足が考えられる。

レースで結果を出すために、適切な練習の実施が必要であり、練習を継続させることにより、レースでの成果が期待出来るのである。また、日々の練習を実施するにあたり、明確な目標・目的が無ければ、効果は上がらない。

他に目を移すと高校では、日常の生活面について指導できているが、大学、実業団になると疎かに捉えがちである。競技者として基礎的な部分が大事であり、基礎が出来ていなければ良い練習、満足のいく成果は望めない。今日では、社会人（大学、実業団）になったから、日常生活指導を実施しなくても良いと言う甘い考えは通用し

ない。

強くなる秘訣は、練習の継続しかない。練習の継続をさせるためには、日常生活を規則正しく過ごし、故障しないことである。その中で大事になってくるのが栄養、睡眠である。箱根駅伝で活躍しているチームの指導状況を見ると日常生活を非常に重要視している。逆に、競技者任せにしているチームには、アクシデントの発生が多い。

当チームは、日常生活の見直し・目標の自己責任化を実施し成果が出てきている。

1. 「基礎トレーニング」について

強くなるために、難度の高い練習（量・質）を実施すれば必ず強くなるが、弊害として、故障、病気等の発生率が高くなる。また、競技者も抵抗感が強く、すぐ飛びついてこない。

そこで、誰でも出来る練習に着眼点を置いた。長距離で基本となるジョギングに焦点をあて実施した。

例（60分 Jog⇒90分～100分、ポイント練習（インタバル等）の質量を変更はしなかったがクーリングダウンを延長した。20分⇒50～60分）

効果が出ないと「やらせるばかりで！！」という反論も上がるが、長距離競技者であれば少し我慢すれば出来ることを2～3か月継続し、効果が出た事により受け入れられた背景がある。

また、補強運動においては、マシン等を使用するなど多岐にわたる方法論があるが、基本は、腹筋・背筋・腕立て・スクワットトレーニングである。

体幹筋を鍛えてスムーズに体重移動させる腹筋・背筋が特に重要である。

難しいことを実施するより、基本的な部分、今すぐ出来る練習を鍛錬期に鍛える事により、将来的には難度の高い練習が出来る身体に変化していく。逆に目の前の成果重視に走りすぎたことにより、難度の高い練習に移行した時に取り返しのつかない故障を発生させ、競技パフォーマンスを低下させている競技者も多いので基礎は大事にすべきである。

結果的には、基本・基礎のところを大事にして、少しずつ少しずつ積み上げたほうが、効果が出るのである。

2. 指導者として

競技者が成長し、成果がともない笑顔を共有することである。今日でも競技者の結果が出ずに不満な顔を見ると、わたし自身も嫌な思いをする。そのような思いをしたくないので、競技者と一緒に満足出来るように、日々を厳しくやっていきたい。

指導者は、チームの主役みたいに扱われるが、主役は競技者であって、指導者は競技者のサポーター・良きアドバイザーが私の持論である。競技者にやる気さえ起こ

させれば、難度の高い練習を自ら実施する。そこまでに気持ちを引き上げるのが、指導者である。

ただし、やる気が無い競技者は論外である。やる気はあるが、方向性の定まらない競技者のそれを増大させることが指導者である。

また、指導者として大事な事は、情熱的でなければいけない。情熱がなくなったら、指導者をやる資格はない。競技者に失礼である。結果が出るかどうかは別にして、指導者が情熱・信念を持ってあたるのが本来の姿と思う。

競技者に対して、甘やかし、優しくしているチームもあるが、競技者の将来を考えた時、指導者には、今甘やかす事より、今を厳しくして、強くなるということを選んでもらいたい。日常は厳しくても、成果が出て笑顔を共有出来れば本望である。

最後に、一番重要なのは、競技者が、日々自分は強くなるという思いを持ち続ける事である。それを導く事は指導者であるが掴み取るのは、競技者自身である。

強い競技者は自己指導能力、自己管理能力が優れている。

世界を相手に戦うためには、それが大きなカギになるであろう。

<余談>

ケニア人競技者と日本人競技者の違いは、生活環境・身体の作りにある。

生活環境（高所・低所、宗教、食べ物、家族関係、経済等）においては、明確な差がある。通学を一例に上げれば、日本であれば大体2、3キロ。ところが、ケニアにおいては、小学校のときから、往復20キロを歩く。身長1メートル足らずの子どもたちが毎日歩くのであるから体力差は歴然である。

また、厳しい環境に適応するため、長い年月をかけて作り出された身体は、中・長距離走に適した体型を作り出した。骨格の位置・骨盤の角度に著しい差がみられる。

数々の厳しい条件を克服したことにより、ケニア人競技者が世界で活躍しているのである。

日本人競技者が同等に戦うためには、もう一度原点に戻って、日常生活を見直す事が必要である。ケニア人競技者のピークは意外と早く、日本人競技者がそれに合わせようとすれば、相当の無理を必要とする。ピークの合わせ方を工夫し、戦うことも手段ではないだろうか？

長距離マラソンのパフォーマンスに関連する生理学的モデル

伊藤 静夫((財)日本体育協会)

長距離マラソンのパフォーマンスを規定する因子に関して、これまで様々な観点から論じられてきた。しかし、そこで議論されてきた生理学的モデルが実際の競技成績をどこまで説明することができたのだろうか？例えば、二度のオリンピックマラソンで連続メダルを獲得したワイナイナ選手（コニカ）が実業団駅伝ではチームの代表に選ばれなかった。彼の特性をこれらのモデルはどのように説明できるだろうか？

本シンポジウムでは、長距離マラソンのパフォーマンスを規定する生理学的モデルを、新たな観点から再考してみた。

1. 最大酸素摂取量はどこまで記録を説明できるか？

図1は、最大酸素摂取量（以下、VO2max）と5,000 mの記録（13～15分台、n=77）との相関関係（ $r=0.319$ ）

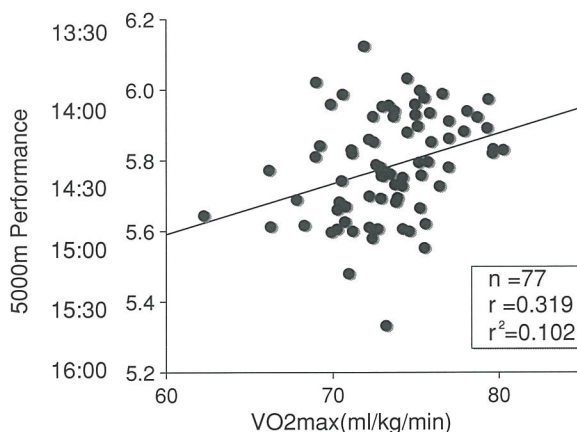


図1 最大酸素摂取量と競技記録との関係

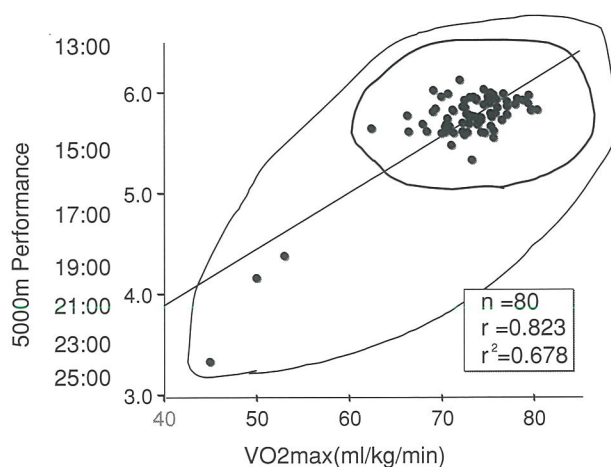


図2 最大酸素摂取量と競技記録との関係

をみたものである。VO2maxは、5,000 mの記録の1割を説明しているにすぎない。ここに、我々研究室のスタッフについて測定したデータ（20～25分）を加えてみると、その説明力は7割にもあがる（図2）。VO2maxは有酸素パワーの最も有力な指標とされてきたが、それは図2の範疇で当てはまることであり、図1のような高いパフォーマンスを有する均一集団においてはもはやパフォーマンス規定因子にはなり得ない。このことは、これまでもしばしば指摘されてきたことで、それを補完する因子として走効率などがあげられていた。

2. 長距離マラソンのパフォーマンス規定因子

そこで、これまでの考えられてきた長距離マラソンの記録を規定する生理学的モデルを整理してみると、おおよそ図3のようになろう。一つは、心臓を中心とする心・血管系であり、VO2maxはその代表的パラメータである。二つ目に、エネルギー系があげられる。特にマラソンでは、エネルギー供給系がレース後半のパフォーマンスを規定すると考えられ、炭水化物ローディングなど食事法の戦略も提唱されてきた。三番目として体温調節系をあげ、最後に走効率をあげる。

ところで、体温調節系が長距離マラソンの記録に何らかの影響を及ぼしていることは自明のことといえるが、では何がどのように影響しているのかといったさらに突っ込んだ具体的な議論は比較的少ないように思われる。

そこで、本シンポジウムでは体温調節系が長距離・マラソンのパフォーマンス規定因子としていかなる意味をもつのか、これを走効率との関連で考えてみたい。一見関連が薄いとみられる両者が、特にマラソンの記録に深く関わってくる可能性を論じてみたい。このとき、身体サイズの違いが重要な意味を持つ。

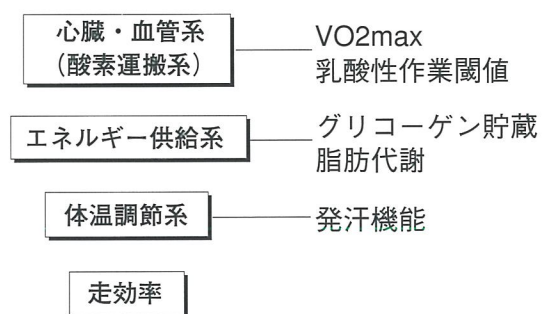


図3 長距離・マラソンのパフォーマンスに関する生理学的モデル

3. 身体サイズとエネルギーコスト

まず、身体サイズの影響について考える。

マラソンランナーのスポーツ体型としては、小柄でやせ形というのが一般的なとらえ方であろう。しかし、大型と小型のマラソンランナーが競い合うことはさほど珍しいことではない。かつての例では、世界記録保持者であったクレイトン（オーストラリア）と我が国の代表的なランナー佐々木精一郎選手とのデッドヒートは印象的であった（写真1、高橋進、西田勝雄：マラソン、講談社：1969）。表1には、両選手の身体特性を示した。

当時、クレイトン選手のような長身選手は異例とみられていただろう。今日長身のマラソンランナーが活躍する例は少なくないが、この大型であることがマラソンではむしろ有利に働くと考えることができる。身体サイズが大きくなると、エネルギーコスト自体は少なくなることがわかっているからである。

そこで、身体サイズとエネルギーの関係について考えてみたい。移動運動のエネルギーコストが体重に関係することは、古くから知られている。図4は、いろいろな動物について、体重1kgを1km運ぶのに必要とされるエネルギー量（酸素消費量）と体重の関係を示したものである（Taylorら、1971）。あきらかに、体重の重い動物ほど同じ距離を移動するのにエネルギー消費は少なくなり、移動コストは経済的となる。ネズミよりゾウの方が省エネということである。人間は二足歩行で、四足歩行

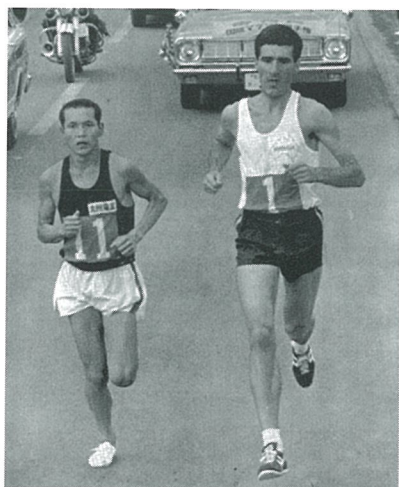


写真1

表1 マラソンランナーの形態
—大型ランナーと小型ランナーの比較—

	身長 (cm)	体重 (kg)	体表面積 (m ²)	体表面積 /体重
クレイトン	188	73	1.98	271.5
佐々木精一郎	164	54	1.58	292.4
高橋 尚子	162	45	1.45	321.9

の動物よりややコスト高になっているが、人間の中でも同じことがいえるのだろうか？

そこで、我が国の優秀な男女長距離走者を対象に、体重と体重当たりの酸素摂取量の関係を検討した。すると、走スピードが男子で310 m/min（マラソンで2時間16分、図5）、女子で270 m/min（マラソンで2時間36分、図6）での酸素摂取量とランナーの体重の関係は、いず

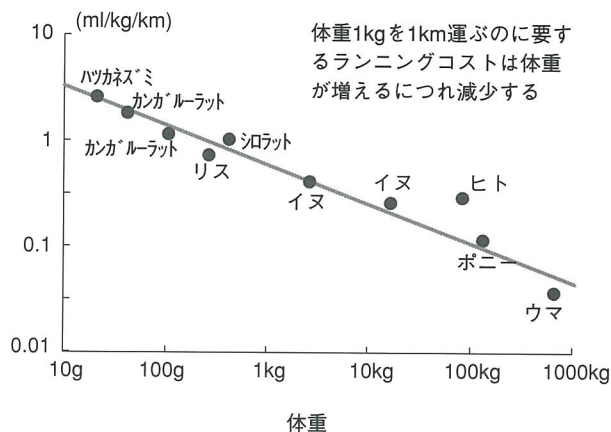


図4 体重とランニングコスト

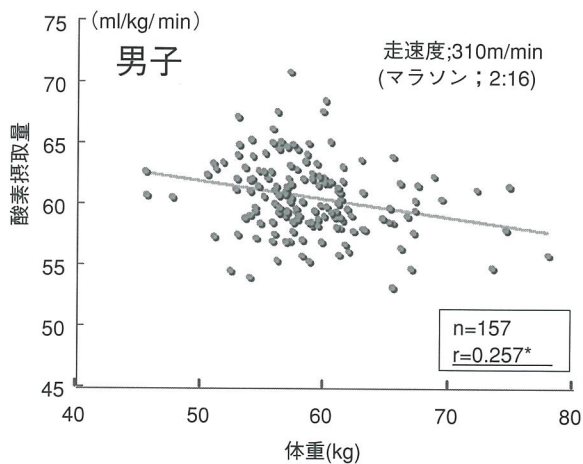


図5 体重とランニングのエネルギーコスト

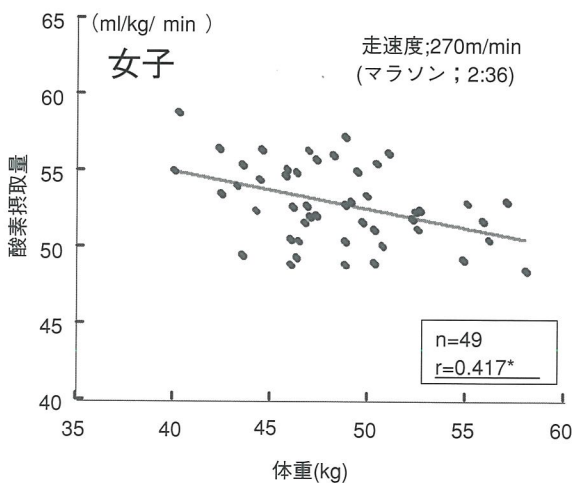


図6 体重とランニングのエネルギーコスト

れも有意な相関関係が認められる。競技成績に関係なく、体重の重いランナーほど走エネルギーコストが少なく、効率的であるとみなせる。

さて、走効率がよいことは、バイオメカニク的な観点からは無駄な動きが少なく、エネルギーの節約となり、それだけ疲労招来を遅らし、パフォーマンス向上につながる、と考えられる。しかし、余分なエネルギーを使わないということは、産熱量がそれだけ少ないことなので、当然体温調節系にも深く関わってくるはずである。体温調節系と走効率の関係を考える糸口がここにある。

その前提として、体温調節系とマラソンのパフォーマンスとの関係を考えてみる。

4. マラソン・パフォーマンスを規定する体温

マラソンなど長時間運動時の制限因子の一つとして、体温が考えられている。体温調節系は非常に精度の高い調節系であり、ある程度環境温度が変化しても、深部体温は一定の温度に保たれる。身体運動時の体温も、産熱の増加に見合って放熱が促進され、運動強度に見合った一段高いレベルに保持される。しかし、運動が激しく、かつ長時間継続されると、体温は漸次上昇し、やがてはある体温レベルに達すると運動継続が不可能となる。この臨界温度こそが中枢を介して運動を制限している、という考え方が提唱されているのである。図7は、臨界体温が運動パフォーマンスを規定するという説を実験的に証明した結果である。あらかじめ身体を冷却した条件、逆に加温した条件、コントロールの三条件でオールアウトまで運動を実施させたところ、冷却条件ではながく運動が継続でき、加温条件でははやくオールアウトになる。しかし、いずれの条件でもオールアウト時の深部体温はおよそ40℃と変わらない。すなわち、この体温40℃という臨界温度がパフォーマンスを規定していると解釈されるのである。あらかじめ体温レベルを下げておけば、熱の蓄積が遅れ、体温上昇は遅延し、それだけ運動持続時間を延長させることができる(シドニー・オリンピックにおいてイギリスやオーストラリア・チームは身体冷却

用のジャケットを開発し、ボート競技などでこの理論を実践している)。

さて走効率であるが、その良否は身体冷却と加温の関係に似ている。走効率がよければ、少ないエネルギー消費で一定走スピードを獲得でき、それだけ産熱量が少ない。身体冷却条件同様、熱蓄積が少なく、体温上昇が遅延されることにつながる。走効率がよいことは、すなわち、オーバーヒートしないことであり、やはりマラソン・パフォーマンスの向上につながると考えられるのである。

体重の重いランナーほどエネルギーコストが低いことを述べた。バイオメカニク的な走技術に差がなく機械的仕事が同一と仮定すれば、重いランナーほど一定スピードを少ないエネルギーでまかなっており、相対的に効率がよいことになる。すなわち産熱が少なく体温上昇が少なくてすみ、有利であると解釈できる。

それでは、体重の軽いランナーは体温調節上不利なのか？

ここに、一つのパラドックスがある。軽いランナーもまた体温調節上の別の利点を持っている。それは、重いランナーより軽いランナーの方が相対的に広い体表面積を持ち、放熱上有利だという点である。これは、ランナーの生理的な能力によるものではなく、純粋に物理的な特性によるものである。面積は長さの二乗に比例するのに対し、体重は三乗に比例する。体が大きくなり体積(体重)が増えると、体重に対する体表面積は相対的に小さくなる。熱量は体重に比例するので、ランニング中に放出しなければならない熱量に対して、体重の重いランナーほど放熱面積は狭くなる。逆に、体重の軽いランナーではより広い放熱面積を持つことになる。とりわけ女子ランナーは、こぞって瘦身志向の傾向にあり、減量に熱心であるが、体重が少ないことの究極的な利点は、この放熱面積の拡大にあるのである。

そこで、この相対的放熱面積がマラソン・パフォーマンスにどの程度影響するのかを考えてみたい。

再び表1にもどって、クレイトン選手と佐々木選手および女子で高橋尚子選手を加え、彼らの身体特性について比較してみる。身長と体重から三選手の体表面積が計算できる。さらに、体表面積を体重で割って、体重当たりの体表面積を算出した。この体重当たりの体表面積は、体重の軽い高橋選手が320、次いで佐々木選手が290、クレイトン選手が270となる。たしかに、軽い選手ほど放熱面積が広がる。このことが、実際のマラソンレースにおいてどの程度有利になるのであろうか。今のところ、このことを証明するデータは少ないが、ロサンゼルス・オリンピックのマラソンの成績から、身体サイズの影響を伺うことができる。

図8は、ロサンゼルス・オリンピックの男女マラソンレースについて、縦軸にオリンピックでの記録と個人ベ

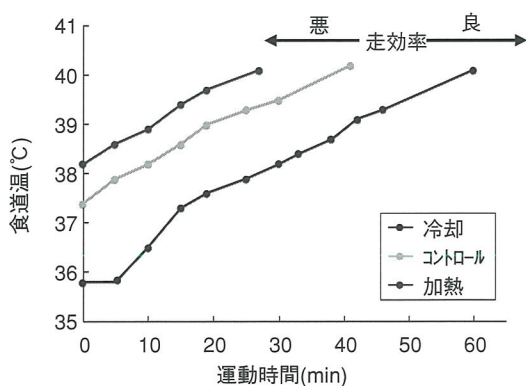


図7 深部体温の上昇が運動時間を規定している

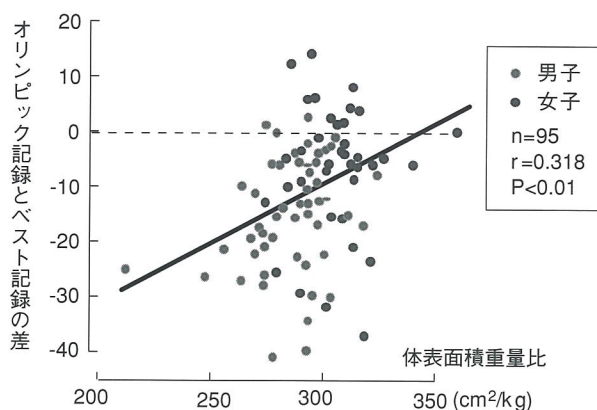


図8 体表面積重量比とマラソン成績
(ロサンゼルス・オリンピック)

スト記録との差をとり、横軸に体重当たりの体表面積をとって、両者の関係をみたものである。低い相関係数ながら両者の間には有意な相関関係が認められた。暑熱下のマラソンレースであり、多くの選手が自己記録を下回ったが、体表面積重量比の大きいものほど、ベスト記録からの記録低下が少ないという傾向が伺われたのである。近年のオリンピックマラソンでは、標準記録も高くなりより均一集団となっているため、こうした相関関係は認められないであろうが、ロサンゼルス・オリンピックでは比較的身体サイズにもパフォーマンスにもある程度の幅がある集団であったため、上記のような関係が認められたのであろう。いずれにしても、暑熱下でのマラソンレースでは、放熱面積の大小がパフォーマンスに影響する可能性を示唆したデータといえるだろう。

5. 長距離・マラソン中のエネルギー出納

はじめに、体重の重いランナーほどエネルギーコストが少なく効率であることから体温調節上有利であることを述べた。次に、体重の軽いランナーほど放熱面積が広くなり、やはり体温調節上有利になることを論じた。一見矛盾するこれらの現象を、身体サイズの違いからくるエネルギー出納の違いとして図9に整理してみた。

同じ走速度で体重の重いランナーほどエネルギーコストは少なく、相対的に放熱しなければならない熱量も少なくなる。物理的（対流・放射）、生理的（発汗などの蒸散）手段による放熱量が変わらないとすれば、その分、体熱上昇を抑制できることになる。しかし、後半で議論したように、体重の重いランナーは軽いランナーに比べ放熱面積が相対的に狭くなる。したがって、体重の重いランナーでは相対的に放熱量が少なくなってくる可能性がある。すなわち、身体サイズの違いは、産熱で有利な重いランナーと放熱量で有利な軽いランナーとで相反する関係になる。ランニング中のエネルギー出納では、両者の長所と短所が相殺されることになり、どちらが有利とも不利ともいえなくなる。

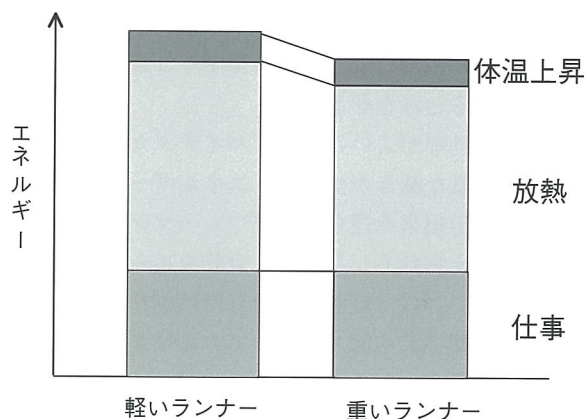


図9 ランニング中のエネルギー出

ただし、暑熱下のレースを想定するなら、放熱経路は発汗による蒸散に大きく依存することになり、放熱面積の大きいことの利点が増幅されるに違いない。オリンピックや世界選手権といったメジャーなマラソンレースにおいても女子の優勝者が男子一流選手を凌駕する例は散見できる。しかし、いずれも夏季のレースに限られ、冬季のレースではまず見られない。こうした事例から判断しても、暑熱下での長距離レースでは身体サイズの小さい女子に有利で、それはより広い放熱面積に起因しているものと考えられるのである。

6. マラソン選手の形態的特性

体温調節系および走効率の観点から、マラソンでのパフォーマンスを規定する要因を考えてきた。ここでキーワードになるのが、身体サイズであった。身体サイズの大きなことがエネルギー効率の上から有利に働く。一方、身体サイズの小さいことが放熱面積を広くして、有利になる。大きくもよし、小さくもよし、と禅問答のようになる。

この両者の利点を併せ持つ形態特性を考えるなら、身長が高く、しかも大きな体表面積を持つ体型ということになる。すなわち、長身で体重の少ない瘦身体型である。

実は、我が国の長距離・マラソン代表選手の推移を見ると、まさにこの体型に向かっていることがわかる（図10）。一般成年男子の傾向では、東京オリンピック以来、平均身長も伸びているが同時に体重も増えているので、体表面積重量比は減少している。これに対して長距離・マラソン代表選手の身長は同じく東京オリンピックから10 cm 高くなっているのに対して、体重の伸びは少なく、その結果一般人とは対照的に体表面積重量比が増加している。放熱に有利な瘦身体型に進化しているといえるだろう。こうした傾向は、偶然の所産というより、競争によって生み出される競技的淘汰、選択が働き、痩身化という形態的形質が生き残っていった結果ととらえられよう。

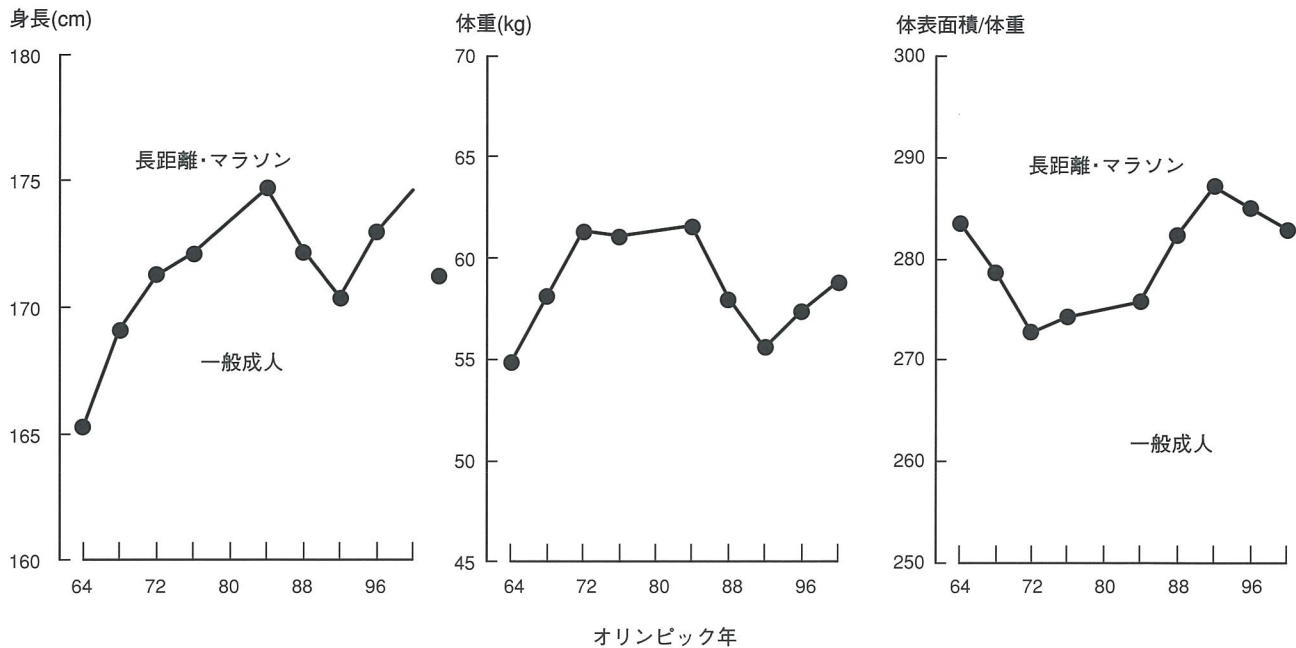


図10 男子長距離・マラソン，オリンピック日本代表選手の形態推移

そして、長距離マラソンのオリンピック代表選手でこの長身・痩身化の形質が選択されてきた背景には、オリンピックが夏季に開催されてきたことが一因ではないか。仮に、オリンピックが涼しい季節に開催されていれば、また別の形質が淘汰されてくることも十分ありうると思えるのである。

7. 長距離マラソンのパフォーマンス規定因子再考

さて最後に、長距離・マラソンのパフォーマンスを規定する生理学的モデルを概観しておきたい(図11)。図3に示したモデルでは、パフォーマンス規定因子が筋への酸素運搬の低下、乳酸蓄積によるアシドーシス、あるいは筋のエネルギー源の枯渇といったように、もっぱら末梢の要因に求められるものである。しかし実際のレース時には、そのような末梢要因が限界に達する以前の、さらにはやい段階で、なんらかの抑制が働き、パフォーマンスを決定づけていると見た方が自然だろう。おそらくそれは、生体の防御機構として働くものである。心臓血管系でいえば、心筋虚血を回避する上で冠血流量がモニターされ(Noakes TD, 2000)、エネルギー供給系で言えば、低血糖を回避するために血糖値がモニターされ、また体温調節系では熱射病に至る前に体温がモニターされ、これらのセンサーを介した情報が中枢に作用して、パフォーマンスを規定しているという考え方も成り立つだろう。

身長 174 cm、体重 59 kg のワイナイナ選手がとりわけマラソンという種目で優れたパフォーマンスを発揮できた理由をにわかには説明できない。しかし、42 km を 2 時間与で走るという競技特性を考慮して、はたして臨海

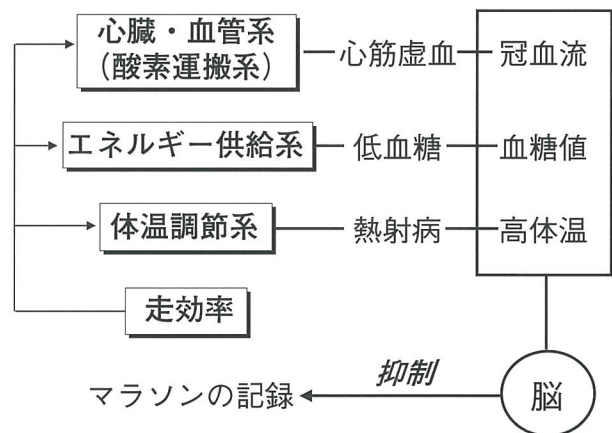


図11 長距離・マラソンのパフォーマンスに関する生理学的モデル

体温の維持という体温調節系に優れていたのか、あるいは血糖値の維持というエネルギー供給系に優れていたのか、ここに提示した生理学的モデルから検討してみるのも大いに価値あることと思う。

第3 シンポジウム：跳躍

司会：伊藤 信之（横浜国立大学）

このセッションでは、日本の跳躍のトップ選手の指導実践ならびに科学的データのフィードバックの報告を紹介するとともに、今後の課題について考えることをねらいとした。阪本孝男氏（中京女子大学）には指導者側の代表として、阿江通良氏（筑波大学）には科学者側の代表として、それぞれお話をうかがった。

阪本氏は、現役時代には走高跳の選手として日本記録を何度も塗り替える活躍をし、1984年のロサンゼルス・オリンピックには日本代表選手として参加している。指導者となってからは、現在の日本記録保持者である今井美希選手をはじめとして、多数の選手を育ててきてい

る。女子走高跳は、日本の陸上競技の中で、オリンピックあるいは世界選手権といったところで最も入賞が期待される種目の一つとなっている。

阿江氏は、スポーツバイオメカニクスの分野で活躍され、数多くの研究者も育てて来られている。また、バイオメカニクスの研究結果を現場の指導に役立てるという活動にも熱心に取り組んでこられた。

（財）日本陸上競技連盟科学委員会の委員長として、日本選手権等での一流選手の動作分析結果を陸連主催の研修合宿で、選手にフィードバックするという活動もほぼ10年続いている。

今井美希日本記録樹立までの軌跡と2 m ジャンパーへの課題

阪本 孝男（中京女子大学）

これまで私が指導してきた今井美希選手（2001年に走高跳で1.96 mの日本記録を樹立）の指導の経過を、これまでの反省も含めて見直し、どのようなことがうまくいき、何が問題になり、どのように解決していったかを紹介したい。

今井選手を指導し始めたのは、高校1年生の時からである。筆者が勤務する大学の近隣に今井選手が通学する瑞陵高校（愛知県）があったため、基本的なトレーニングは高校で行い、跳躍練習は大学で行うということで、技術的な部分は筆者が指導していた。当時の今井選手の技術的特徴は、スタートについては前方につんのめるように体を倒しながら補助助走をつけてマークを踏んでスタートを切るということや、踏切前に足踏みをするような動き、また、ダブルアームに近い腕の使い方をしていった。これらの点について、当初は筆者から特別な指導はせず、選手の跳び方に任せていた。しかし、跳躍動作が非常に不安定で、毎回スタートを切る方法が変化してしまい、踏切位置がずれることがしばしばあったことから、スタートの方法を決めることから着手した。

そして、高校1年次のインターハイにおいて、自然に脚を出していくような補助助走に若干スタートの方法が変化した。この当時には、まだ踏切準備等についてはほとんど指導しておらず、踏切位置が近すぎて体が上がっているにもかかわらずバーをクリアできないということがしばしば見られた。そのため、次には踏切位置を遠くし、助走速度を活かして跳ぼうと改善点を決めて練習を

行っていた。

同じ高校1年次の国民体育大会では、助走のコースが非常に大きく回り込む変化を示した。このため、跳躍方向がバーと平行に近づいてしまうため、ここでも体は上がっているにもかかわらずバーをクリアできないという欠点を示していた。

国民体育大会の後の秋季シーズンは、助走の曲線の半径を小さくし、バーに対して直線的に跳躍するという方向に大胆に変更した。このころから踏切位置が徐々に遠くなり、跳躍のスケールが大きくなっていった。すなわち、起こし回転のバネを活かすために技術の改善を図ったというのがこの時期のポイントになっていた。

高校3年次には、前述したような踏切位置の遠い大きな跳躍が練習でできていても、試合では元に戻って踏切が近くなってしまうということの繰り返しとなり、跳躍の安定性は欠けていた。それでも結果は残しており、勝負強さがあるという印象であった。

大学1年次には、跳躍についてはほぼ完成し、日本記録を達成した時期と同じ助走のスタートをしていた。この後は技術的な部分での改造はしておらず、高校3年間ですでに技術的には完成していたということである。

ここで、トレーニング効果の確認と、トレーニング内容の一環としても実施していたコントロールテストについて述べる。大学入学当時は、30 mのスタートダッシュが4.99秒であり、優れているとは言い難かったが、1.96 mの跳躍を記録する頃には4.44秒までスプリント能力

は向上していた。また、50 m 加速走では、7 秒かかっていたものが 6.5 秒程度まで短縮され、立ち五段跳びについては 12 m 台だったものが 14 m を超えるようになっていた。助走付き五段跳びでは 17 m 程度から 18 m 程度まで向上し、両手砲丸投げでは 9 m 程度だった記録が 12.50 m 程度まで向上していた。バーベルは様々な種目を実施しており、ハイクリーンは 45 kg から 70 kg へ、スナッチは 20~30 kg 程度から 50 kg まで向上していた。クォータースクワットは 120 kg から 200 kg を挙上するまでに向上した。このように、記録の向上に伴ってコントロールテストの記録も向上しており、体力的には年々向上していることがこれらのことからわかる。

同時に、今振り返って思えば、技術と体力は密接に関係があり、体力だけが強化されても意味が無く、技術だけでもダメだということであり、技術に基づいた体力、あるいは体力に見合った技術が無ければならないということである。当時はそのようなことは考えていなかったが、体力強化とその確認を日常のトレーニングと平行して行っていたことが非常にうまくいっていたのであろうと思われる。また、こういったコントロールテストを行っておくことで、将来選手がどのような跳躍技術を選択すべきかの役に立つものであり、この点でもうまくいった事例であったと思っている。

「頑張れよ」の言葉かけのみではなく、目標とする技術を指導者から具体的に提示すれば、選手がそのような目標に向かって自発的に努力するようになり、体力的に不足するところがあれば体力トレーニングをしようといった意識付けにつながると思われる。

例えば、技術的な面で今井選手の場合にポイントになったのは、助走のスタートの方法である。跳躍全体の良し悪しが集約されていると言って良いほどスタートは大切であり、これが不安定になると踏切位置がバラバラになる。次に、コース取りである。コース取りがうまくいかないと、踏切の方向や飛び出しの方向に問題が生じる。さらには、助走速度である。バネ要素としての起こし回転を生み出すためには、助走速度が大切であり、助走速度を生かした踏切を考えようとしていた。最後に踏切位置である。踏切位置には、遠いか近いかという問題以外に、バーに対しての角度にも注意した。

ここで、先ほど述べたバネ要素に関して、科学委員会の皆さんが合宿等に参加し、バネの発生要因などの話が選手に非常に浸透し、選手の気づきが促されたことによって、その後の取り組みにおいて真剣味が増したという経緯があったことを付記しておく。

体力的な面では、先述したコントロールテストの項目中、ウェイトトレーニングに関係するものについては筋力を重要視し、それを中心的課題としており、目標値も設定して行っている。特に「軸作り」の上で重要であるのがクォータースクワットである。今井選手はクォー

ータースクワットが 200 kg を担ぐまでになったと述べたが、これは体幹がしっかりしていないと困難である。すなわち、いわゆるスクワット運動の目的である脚の伸展・屈曲という意味のみでなく、体幹も含めた、重量物の支持能力という面でこの項目を重要視している。

次に、パワーの発揮能力として立ち五段跳びを多用している。また、助走との関連で 50 m 加速走という項目を示したが、決して全力で走るというものではなく、絶えず助走のイメージで、いつでも踏み切れるという「コントロールされたスピードでの最大疾走」(幾分おかしい言い方ではあるが)の中でどれくらい走ることができるかを高めていく、ということに注意している。

これらコントロールテストは、「これくらいの測定結果ならば、走高跳の記録的にはこれくらいはいくであろう」という指標を提供してくれる。また、コントロールテストの結果は、例えばクォータースクワットが 200 kg 挙げれば 1.90 m は跳べるはずだといった部分での非常に強い動機付けに役立つと思われる。

最後に、コントロールテストの指標の別の見方であるが、2.00 m の記録を跳躍するためにはどの程度の値が必要であろうか。これは一つの指標であるが、次のようになろう：

- ・ 30 m 走=4.2 秒
- ・ 加速走=6.5 秒
- ・ 立ち五段跳び=14.50 m
- ・ 助走付き五段跳び=19 m
- ・ 両手砲丸投げ=14 m
- ・ ハイクリーン=80 kg
- ・ スナッチ 60 kg
- ・ クォータースクワット=250 kg.

これらの体力的レベルを整えば、現状の技術のままで 2.00 m をクリアできると思われる。

以上、今井選手が高校 1 年生時から 1.96 m の記録を達成するまでのトレーニングに関する経過を紹介した。今井選手の今後の記録の可能性については、年齢的には現在 28 歳になるので(本人は 35 歳くらいまでは競技を継続したいと言っている)、おそらく 2004 年のアテネオリンピックくらいがピークであろうと思われる。それまでには 2.00 m の記録を達成できれば良いと思っている。

注：本稿は、阪本氏の講演をもとに日本陸上競技学会編集委員会においてまとめたものを、阪本氏が加筆・修正したものである。

最近の走高跳および走幅跳に関するバイオメカニクス的研究から

阿江 通良, 奥山 良樹, 小山 宏之 (筑波大学)

1. はじめに

最近では、陸上競技に関するスポーツバイオメカニクス的研究が進み、多くの知見が蓄積されるようになった。われわれの研究室でも、これまで10年以上にわたって陸上競技のバイオメカニクスを研究してきたが、動作分析法の著しい発達によって、これまではデータを得ることが困難であった身体各部に作用する力や3次元関節トルクが算出できるようになり、これらから新しい知見も得られるようになってきた。

そこで、ほとんど研究例のない、走高跳の踏切脚の3次元関節トルクの分析や走幅跳の踏切における振上脚の関節力に関する分析の結果を紹介し、踏切技術の理解や競技力向上あるいはトレーニング法を考えるためのヒントを提示する。

2. 走高跳の踏切脚の3次元関節トルクの分析

背面跳に関する研究は予想以上に少ない。そこで、背面跳の踏切脚の3次元関節トルク（回転力）を測定し、

背面跳において踏切脚の足、膝、股の各関節まわりの筋群がどれぐらいの力を発揮しているかを推定し、どの関節が重要かを明らかにしようとした。

図1は、踏切脚の各関節軸まわりに発揮された関節トルクを3次元動作分析法を用いて算出して示したものである。まず股関節をみると、大腿を外側に動かす筋群のトルクを示す外転トルク、そして大腿を後ろに振ること

に参与する伸展トルクが大きいことがわかる。このうち、股関節伸展トルクが大きいことは十分に予想できるが、外転トルクが非常に大きいことはこれまでの研究ではまったく言及されていなかったことである。大きな股関節外転トルクは、曲線助走を用いる背面跳に特有のものと考えられる。そして、このことは、走高跳の筋力トレーニングでは外転筋群の強化がかなり重要なことを示唆する。膝関節では伸展トルクが、足関節では足首を伸ばす足底屈トルクがそれぞれ大きく、重要であることがわかる。

図2は、上位群と下位群の股関節の外転内転（左図）および屈曲伸展（右図）のトルクとトルクパワーを比較して示したものである。上位群には2m20以上の記録をもつ選手が含まれている。この図から、上位群では股関節外転トルクが大きいのに対し、下位群では股関節伸展トルクが大きいこと、上位群の伸展トルクが小さいことなどがわかる。すなわち、踏切において後傾した身体を起こすとき、股関節伸展トルクが働くと予想されたが、上位群ではそれ以上に股関節を外転するトルクが非常に大きかった。

この理由には様々なものがあると考えられるが、助走から踏切への入り方に両群間に差があることによると考えられる。すなわち、身体をより大きく内傾させて踏切に入った上位群では、地面反力によって股関節を内転させるモーメントが大きいので、それに抗するために大きな股関節外転トルクが発揮されたと考えられる。言い換えると、内傾を保って踏切に入ることによって股関節の

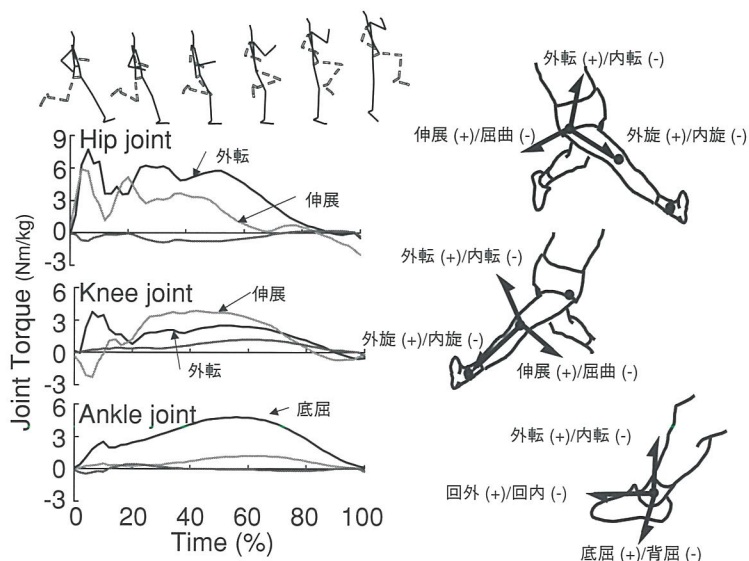


図1

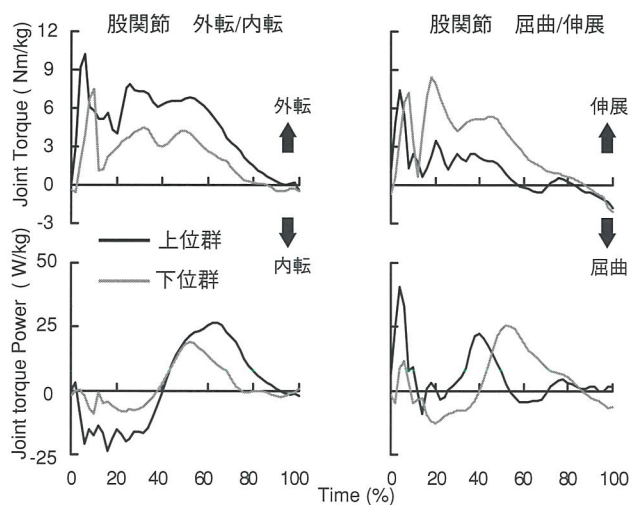


図2

外転トルクが発揮でき、地面反力を大きくできると考えられる。

これらのことから、背面跳の踏切では股関節の外転トルクが非常に重要であるということがわかる。このことは、股関節や膝関節の伸展トルクが重要でないことを意味するものではなく、踏切への入り方によって筋の使い方が大きくことなくことがあり、トレーニングでは股関節の外転筋群にも着目する必要があることを示唆すると考えられる。

3. 走幅跳の踏切における振上脚の役割

跳躍の踏切における振上脚は、短距離走ではリカバリ一脚に相当する。上げる力が働いたら、隣接する部分には下向きに力が作用するという作用反作用の法則を振上脚の役割を考える場合に利用する。また、力は外からは見えないので、脚が高速で上がっていても、その局面では力が働いていないことがある。一方、あまり動いていない場合でも大きな力が働いていることがスポーツ運動では多々ある。ここでは、走幅跳の踏切における振上脚の効果や役割について考えてみる。

図3は、内外の一流走幅跳選手の踏切における振上脚大腿の角速度の変化を示したものである。世界一流選手（large decreaseと表示）では、踏切足接地時の振上脚は既に700 deg/秒くらいの角速度で振り込まれ、そして踏切前半で最高に達し、その後かなり減速している。一方、日本選手（small decreaseと表示）では、角速度はやや小さい程度であるが、減速の程度が緩やかである。われわれの分析では、振り上げのタイミングが遅いという特徴が多く、日本選手にみられる。

振上脚を振ると、振上脚股関節に力が作用するが、この力を動作分析法によって計算して示したのが図4である。踏切に入ったとき、水平の力はプラスであり、振上脚の腰に前向きに力が作用していることを意味する。一方、後半では、水平の力はマイナスで、後ろ向きの力が作用している。われわれの感覚では、振上脚を前へ振って、大きな力が前にかかっているように感じるが、実はその時間は非常に短く、大部分は後ろ向きの力が作用していることになる。ところが、作用・反作用の法則により、振上脚に後ろ向きに力が働くということは、骨盤を介して踏切脚には前方向に力が作用するということになる。踏切で鉛直速度を生み出す主要な動きは、身体の起こし回転で、これは助走速度によるところが大きい。しかし、振上脚をうまく振ることによって踏切脚に前向きに力が作用し、体を起こす原動力になると考えられる。

図5は、同様のことを鉛直方向について示したものである。踏切局面の大部分では関節力は上向きであるが、終盤では力が下向きになっている。したがって、終盤では、振上脚は上がっているが、下向きの力が作用していることになる。そして、その反作用として踏切脚に上向

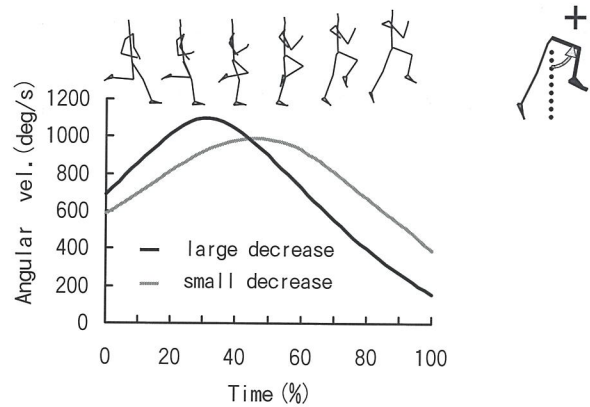


図3

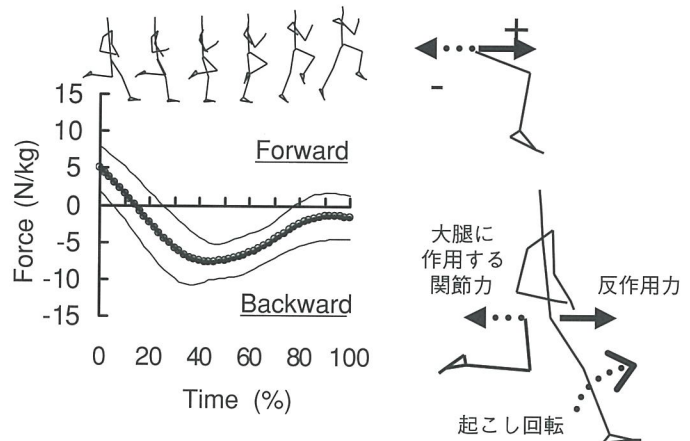


図4

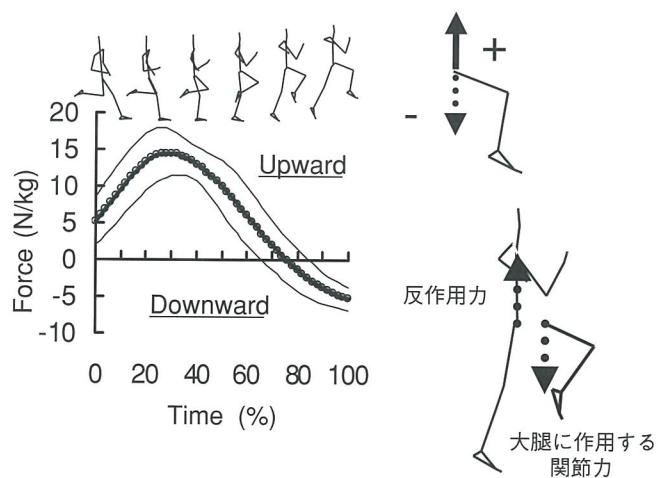


図5

きの力が加わる。このように、前半では、踏切脚に下向きの力が加わるが、終盤では踏切脚に上向きの力が働き、踏切脚は引っ張り上げられることになる。

まとめると、振上脚の役割は、まず踏切前半では起こし回転を促進することである。次に、踏切の前半と中盤において鉛直力を増加させる。踏切終盤では、踏切脚の引き上げを促進する。したがって、振上脚の効果を大きくするには、すばやく振ってすばやく止めることが必要である。

第4 シンポジウム：投てき

司会：尾縣 貢（筑波大学）

日本人が砲丸投において世界で活躍するためには、小さな体でも高いパフォーマンスが期待できる回転投を取り上げる以外に方法は残されていないと考える。このシンポジウムでは、回転投の有効性などを実際のコーチング現場から、そして科学から検討していただく。今回は、コーチング面から小山裕三先生、科学面から植屋清見先生にお話しいただく。

小山先生は日本大学陸上競技部の監督をされており、また日本陸上競技連盟強化委員会投てき部長の役についておられる。自身もすばらしい経歴の持ち主で、高校時代、インターハイでの優勝、日本選手権でも2回優勝されている。現在の体型からは全く想像できないが、五種競技のチャンピオンでもある。コーチングの経歴もすばらしく、岡野君、野口君、畑瀬君の3人を合わせると、

日本選手権で14連勝している。一つの種目でこれだけ勝つということは、なかなかあり得ないことである。

植屋先生はバイオメカニクスの第一人者であるとともに、体育科教育的な見地からもスポーツを研究されており、非常に幅広い見識を持っておられる。特に投てきのバイオメカニクスの分野ではパイオニア的な存在であり、1983年には回転投げの研究をもう既に行われている。私が回転投を知るきっかけは、植屋先生の研究であったと思う。そして、1991年、世界陸上ではバイオメカニクス研究班の投てきの中心的存在として、砲丸投と円盤投のレポートをまとめられた。

今回は、実践と科学を合わせた興味深い話を聞くことができたように思う。

砲丸投のコーチングにおける科学的知見の有用性と問題性

小山 裕三（日本大学）

今回のシンポジウムのテーマは「陸上競技の指導と科学」である。ここでは、現場の指導者の立場から、バイオメカニクスとの関わりを中心に、投てき種目でもとりわけ砲丸投に関して「指導と科学」を考えたい。

筆者は以前、高校の教員として陸上競技の指導に従事してきた。この間、幸いにも何人かの全国大会優勝者、入賞者に恵まれた。この頃の指導を省みると、その指導方法は自分自身が経験してきたことを中心に、海外での研修、月刊誌や多少の専門書、ビデオ等の教材を用いて指導を行っていた。ところが、12年ほど前から勤務先が大学になったのをきっかけに指導方法も変化した。大学という研究機関に職場が変わったため、研究者との関わりが増えたことや、自分自身の研究がいわゆる「科学的研究方法」に基づいたものとならざるをえなかったためである。そこでは筆者の関心の中心が砲丸投の技術にあったためにバイオメカニクスの研究が関心の的となっていた。勤務先が理工学部ということもあり、機械工学の研究者達を中心に長時間にわたり砲丸投の力学的視点からの議論を行ったこともある。このようなことを重ねていくうちに、自分の指導がこれまでの指導よりもレベルが上がったような気分になった。そして、実際の指導においても、選手達にデータを用いながら技術指導を行っていた。しかし、ある時にひとりの選手からこう言

われ我に返った。「先生、僕たちは勉強会はいいですが、もっと分かり易く言って下さい。そんなふうに考えていたら身体が動かなくなります。」筆者は自分自身もいまひとつ理解できないことを中心にして指導を行ってしまっていたのである。例えば、グライド動作について指導する際にも、これまで「パパーン」というような機能語を用いて指導してきたのを、「右足が着地してから0.0何秒後に左足を着地して、そこから・・・」というように言っていたのである。このとき筆者は、科学的研究成果に基づいた指導こそがレベルの高い指導だと考えていた。しかし、このとき筆者は自分の指導法というものは科学的なものではないということに気づいたのである。我々はロボットの行っている砲丸投を見ているのではなく、人間の行っている砲丸投を見ているのである。動く「もの」の運動をみているのではなく、人間の動く「こと」を見ているのである。指導を考える際には、「科学の眼」と「コーチの眼」があるとよく言われるが、筆者の場合には感性を重視したコーチの眼による職人的指導こそが重要なことに気づいた。このことに気づいてからは、科学的知見を十分考慮しながら職人的指導ができるようになった。しかし、だからといってバイオメカニクスの成果が職人の技に劣っているというわけではない。次に、科学的知見が足りなかったために、失

敗してしまった例を紹介したい。

十数年前に筆者が日本陸連のジュニア強化委員をしていた時、阿久比医科学センターで合宿を行っていた。その際、以前から考えていたパワーポジション時の地面反力が、身体の起こしから突き出しにどのような影響を与えているのか、研究所の方々と共に実験をして確認した。その時には当時考えられていた二種類の技術で試技を行い比較検討した。ひとつは、当時の技術の主流を占めていたトルク方法の着地の仕方、鉛直方向への地面反力を大きくするために、大きな力を発揮するためのきっかけを持った、右足を強く着地し左脚をストップさせて立ち上がりながら突き出す投法である。ふたつめはグライドからの着地を右脚から左脚へ流れるようにして着地する方法である。当時筆者は、ひとつめの技術に優位性を認めていた。しかし、実験ではふたつめの方法が大きな力積を獲得できるという結果であった。その後の議論においても、研究者の方々からはふたつめの技術の方がより合理的な技術ではないのかという指摘を受けたが、自分自身の経験も影響し、最終的には指導する際には力を発揮するための感覚的な意味でのきっかけを持った前者の方法が支持されて議論が終了し、その後の指導もその方向で進めていた。ところが、数年後に自分のこの見解を否定される出来事に出会い大きな衝撃を受けた。

数年前、筆者は日本陸連からコーチ研修のために中国に派遣された。当時、中国はアジア人としては初めて女子砲丸投でオリンピックでメダルを獲得したり・ベイツ選手など世界大会での活躍が予想される選手が多数輩出されていた。当時の中国では、体格で勝る欧米人に対抗するためにアジア人に適した技術の開発が盛んに行われていた。その結果、当時の中国では、砲丸投のパフォーマンスを規定する要因の投射高、投射角、初速度の中で初速度を最も重視する投法を検討していた。力学的にみ

ると、投射距離に対して最も大きな影響を与えるのは初速度であることからである。このために中国では初速度でも特に水平成分の重要性に着目し、水平方向の初速度を高めることを技術的に目指していた。このようなことから中国では、グライドからパワーポジションまでの動作に着目し、グライドからパワーポジションまでの動作で膝の位置をそれまでの位置から20 cm 投射方向へ水平に移動させるように指導していた。それによって、投射角の低い、水平方向への力発揮を意識させた投てきを行わせていた。すなわち、グライドからの着地を右脚から左脚へ流れるように着地する方法であり、この技術は前述した実験から得られた結果、研究者の方々から受けた指摘そのものであったのである。自分自身の経験にこだわるあまり、せっかくの新しい技術の世界を知る機会を自分で失ってしまっており、自分自身の視野の狭さを認めざるを得ないものであった。

このような失敗によって岡野選手には的確な指導をすることができず、現在でも筆者にとって悔恨の念としてある。その後、この技術を生かして成功したのが野口選手であり、畑瀬選手なのであった。

以上のように、陸上競技のコーチングにおいては、科学的知見だけが重要なだけでなく、経験を生かした職人的知識だけが重要なでもない。我々はこの間を常に行ったり来たりしながら選手を見ていかねばならないのである。選手に指導する際には、指導内容としての科学的知見は、指導者に指導する際の新しい視点を提供してくれるきっかけとなる。しかし、この知見は指導者という翻訳機を通して真に選手にとって必要な知見として伝えられねばならないのである。したがって、今後はこのような視点から実践と研究が進められることが重要だと考えられる。

日本人砲丸投選手にとって20 m(男子), 18 m(女子)スローは不可能な記録か

～バイオメカニクスから砲丸投の記録向上を検討する～

植屋 清見 (山梨大学)

1. はじめに

私は、今身長が171 cm、体重は61 kgである。小山先生の身体の半分ぐらいの私が何故砲丸投の話をするのか、長年砲丸投の研究をしているのかその辺も含めて、与えられた20分プラスアルファの時間をいただいて話をさせていただきたい。

本発表のタイトルを、「日本人選手にとって、20 m(男子), 18 m(女子)スローは不可能な記録か～バイ

オメカニクスから砲丸投の記録向上を検討する～」としたが、私自身の見解や希望で言えばこの記録は決して不可能な数値ではないし、1日も早く投げてほしい、否投げられるはずだ、との前提に立っての発表である。

日本人砲丸投選手にとって、この「20 m」、「18 m」の記録の意味するものは何だろう。世界との比較で言えば、残念ながら、男子では既に1961年にB. ニーダー選手(アメリカ)が20 m 06、女子ではT. プレス選手(旧ソ連人で女大鵬といわれた)が1962年に18 m 55

を出している。つまり、世界では男女ともに43年前、42年前に20m、18mを投げており、世界から見たら取るに足りない記録だが、日本人選手にとっては、この記録の達成は夢であり、ロマンであり、日本人が国際舞台で活躍するためにはどうしても超えなければならない記録であると考えられる。

2. 視覚に訴えた「20m(男子)」「18m(女子)」という記録

図1は砲丸投のいろいろな記録を視覚に訴えるために示したものである。9m60, これは私の大学の学生で、混成競技の選手の記録である。これでも十分試合では計測してもらえる記録である。今回、目標とした男子20m、そして女子の18m、更には現日本記録及び世界記録を示したものである。

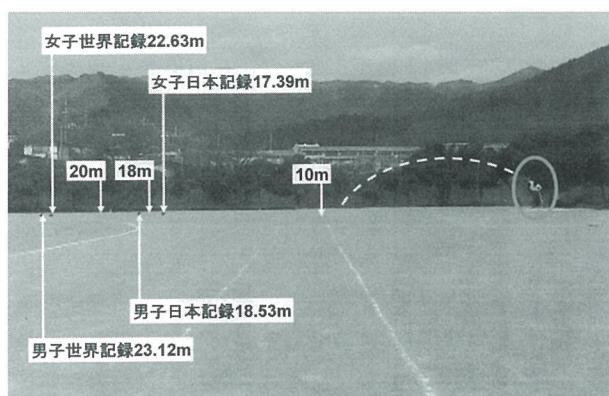


図1 日本記録、世界記録との比較として視覚的に見た男子「20m」、女子「18m」の投てき距離

3. 記録の変遷とその背景にある投てき技術の変遷

図2は1904年(明治37年)、武田千代三郎氏が、その当時の最も合理的と指摘した砲丸投動作である。その解説は「砲丸を右手に持って、肩を下げて1(イチ)、そして2(ニー)、3(サン)のかけ声とともに投げる」とされている。まさに日露戦争時代のもので当時の記録は9m程度であった。

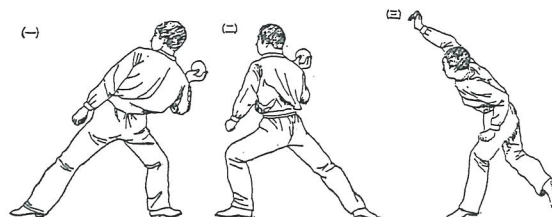


図2 1904年(明治37年)当時の理想的な砲丸投動作(武田千代三郎による)

時代は変わり、砲丸投動作は後述するW. ギュンターやR. バーンズのような投てき動作になっている。そこで、今回の発表の中で、私は過去の記録的な、或いは投法を振り返りながら、将来を展望するという中で、日本人選手にとって回転式投法への移行の可能性を提案することを本日の発表の目的の一つと考えている。

図3は日本記録及び世界記録の変遷とその記録の背景にある投フォーム並びにこれらの投法で記録を樹立した選手達を示したものである。日本記録も確かに伸びているが、それ以上の勢いで世界の記録の方が伸びている。日本と世界ではスタートの時点で既に遅れていること、

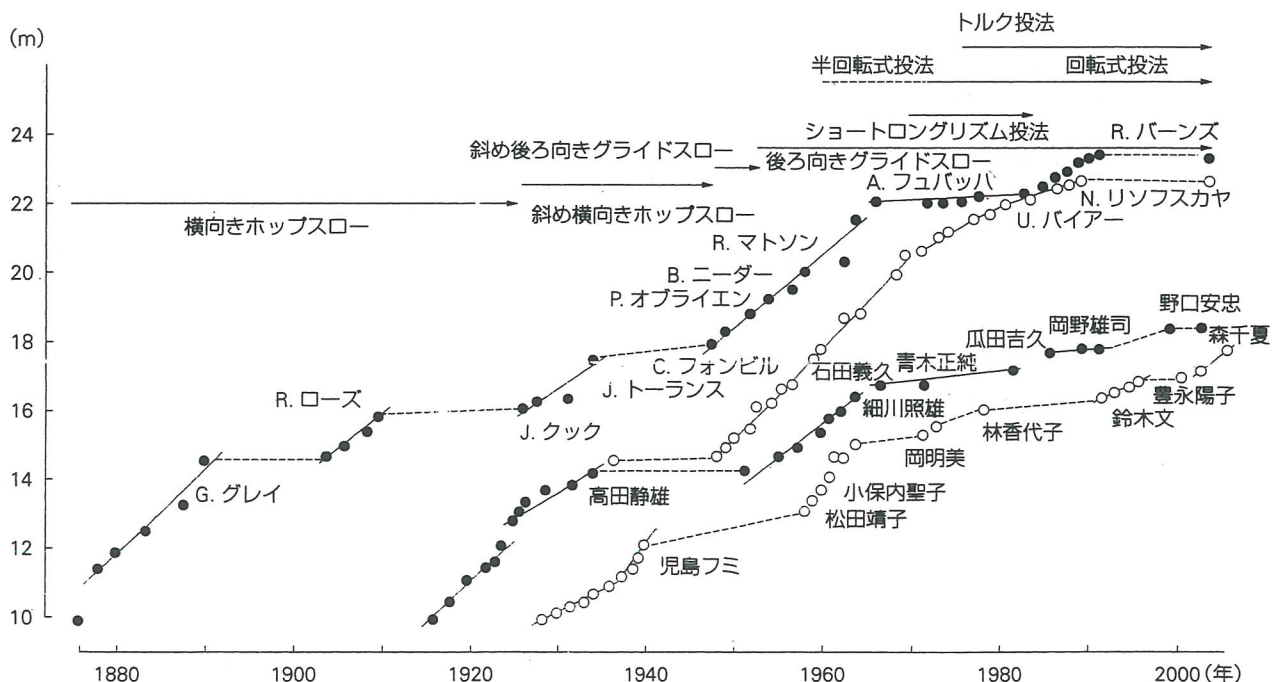


図3 日本記録、世界記録の変遷とその背景にある投てき動作の変遷並びにこれらの投法で記録を残した選手達

そしてどの時代をとっても、世界に40年ぐらいの記録的な遅れがあることが確認される。

4. 日本記録の更新の回帰方程式から見た 男子20 m, 女子18 m 突破の可能性

図4は1960年代(男子), 1970年代(女子)からの日本新記録から算出された男子20 m, 女子18 m 突破の可能性に関わる回帰方程式である。この回帰方程式による結果は男子では「2032年」, 女子では「2024年」と気の遠くなるような数値であった。私はこの時代100%生きていない。何とかもう少し早い時期に達成してもらいたいものである。このことは最後の「まとめのところで触れることとする。

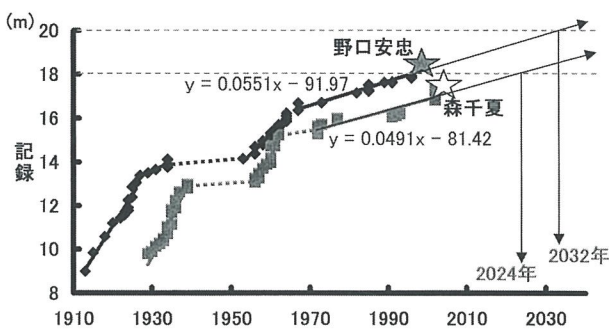


図4 日本記録の変遷から算出された男子「20 m」, 女子「18 m」突破に関する回帰方程式

5. 世界記録の変遷の歴史をその動作フォームの変遷として捉えると記録の背景には、「横向きホップスロー (R. ローズ)」→「斜め横向きホップスロー (J. フェークス)」→「後ろ向きグライドスロー (P. オブライエン)」。そしてオブライエン選手によって開発された「後ろ向きグライドスロー」から「ショートロングリズム投法 (U. バイヤー)」や「トルク投法 (A. フェアバッハ)」が生まれ、一方「半回転式 (ステップバック) 投法 (K. サルプ)」→「回転式投法 (デイスカススタイル) (A. パルシェニコフ)」という変遷が横たわっている。武田氏の時代には考えられないような技術の改善, 変遷のもとに、世界記録, 日本記録が更新されているのである。

6. スティックピクチャーに見る投てき動作フォームの変遷

そこで、これらの投てき動作の変遷を動画で見て頂きたい (実際には動画で見せられないので図5のスティックピクチャーを参照)。まず、R・ローズの横向きホップスロー。はい、右脚をクルクル回しながらリズムをとって、よっこらしよと、右腕だけでただ投げている。それから、斜め後ろ向きホップスロー。身体のを幾分斜めにした。そして、オブライエン式投法。P. オブライエン選手がヘルシンキ大会 (1952年) で、完全に真

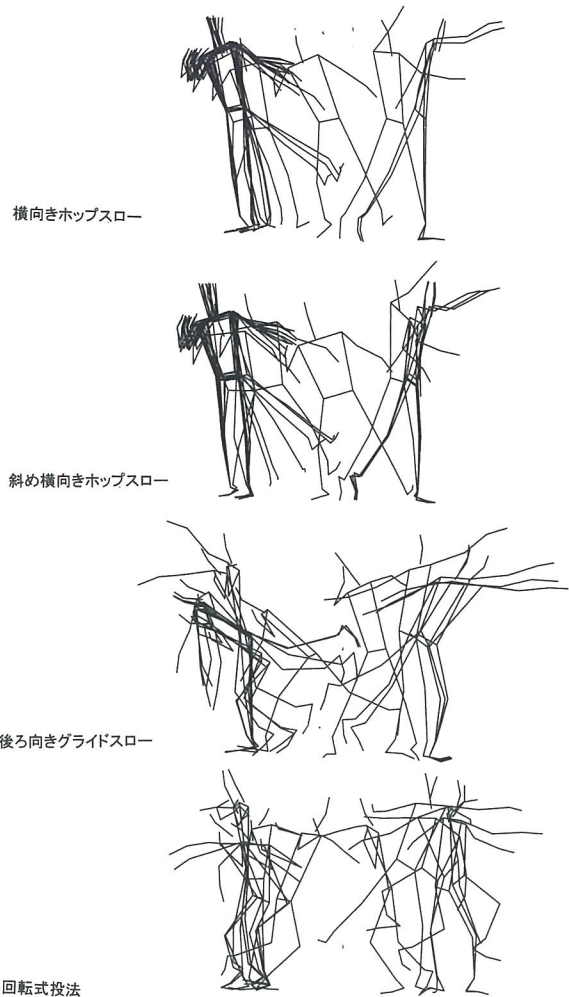


図5 記録の変遷の動画に変えて示した各種投てき動作のスティックピクチャー

後ろを向いた構えからの砲丸投を行い、みんなをびっくりさせた。この投法の開発に関して周囲の人間達はオブライエン選手を狂気のオブライエンと呼び、嘲笑した。「どうして真後ろなんか向いて投げるんだ。飛ぶはずないだろう・・・」とばかりに。しかしオブライエン自身は砲丸投選手として真後ろを向いて投げる投法の記録更新の可能性を何となく感じていたが理論的な裏付けがなく、今ひとつ自信が持てなかった。そこで、意を決して彼はテンプレートンという物理学者を訪ねた。テンプレートン博士は「砲丸投自体を私は経験したことがなく何とも言えないが、もしこの投法が可能であれば、後ろを向いて構える分、砲丸の弾道の距離が長くなり、記録更新の可能性はある。やってみる価値はある！」とのアドバイスを与えた。そして、砲丸投の世界で有名なあのオブライエン式投法が生まれたのである。正統派のオブライエン式投法を引き継いだのがメキシコオリンピック大会のチャンピオンのR. マトソン選手である。身長2.0 m, 体重128 kg. 手足が長い選手で世界記録を21 m 78まで更新した。彼のオブライエン式投法の改善の一つはジャンピングショットと言って最後の突き出しで身体全体を

空中にジャンプさせて投げる投法であった。その背景には強靱な脚筋力、筋パワーがあった。

7. ギュンター選手に見るオブライエン式投法の更なる改善

図6はギュンター選手が1991年の世界陸上東京大会で21m67を樹立したときの側方及び前方からのスティックピクチャーである。彼は身長2.0m、体重128kgであるが、彼の予備動作での左脚の振り上げを見ると1.70m程度上げている。また、背中中の部分の曲線を見るといかに動的な柔軟性を持っているかといったようなこと、そして最後のリバースで上体を沈めて、逆に脚を上げてファールを防ぐべくバランスをとっている。これは「シーソー運動」と呼ばれる動きである（後述の図14参照）。このような動きはP. オブライエン選手にも、R. マトソン選手にも見られなかった投てき技術である。彼の一連の投てき動作フォームには後述する東ドイツで改良されたショートロングリズム投法やトルク投法、更には回転式投法の特徴をも含み持っている。オブライエン式投法ではあるがまさにオブライエン式投法の進化した投法と言っても過言ではない。

更にこれはステップバック式の半回転投法である。予備動作で、左右脚で交互に反動をつけて最後に左足で強く蹴って右足を回転の軸にして投げる。それから、これが先ほど小山先生が言われたトルク投法である。これはアメリカのA. フュアバッハという選手によって開発された。グライド動作で着地した瞬間に右膝を投てき方向にガクンと90度ねじ込む。そのためには強靱な筋力がないとできないし、下手をするとグライドのせっかくのスピードを殺してしまう可能性がある。そのような面では、筋力の弱い日本人にはやはり不向きだったのではないのかという気のする投法である。

8. ショートロングリズム投法誕生の秘話

これは、旧東ドイツが国家威信をかけ何とかオリンピ

ック常勝国アメリカに勝ちたいとの思いから、1968年のメキシコオリンピック大会に何百人もの科学者を連れて行き、R. マトソンをはじめとしたアメリカ選手の投てき動作フォームを徹底して分析した結果生み出された投法なのである。このショートロングリズム投法はグライドの距離を極端に短くして、2.135mのサークル内のほとんど全てを突き出し動作として遂行させようとした投法である。マトソン選手のメキシコでのグライドの幅は87cmであった。それを67cmまで縮めた投法なのである。つまり、グライドした瞬間に、右膝の上にもう砲丸を乗っている。前述した、極端に言えば砲丸投動作のほとんど全てを突き出し動作として使おうという考えである。そのためには、右脚の押し上げでの強力な脚筋力、脚筋パワーが必要と考えられた。結果的にそのためのトレーニング機器まで開発し、作成し、生み出した投法である。その結果ミュンヘンオリンピック大会では常勝国アメリカを破って旧東ドイツのU. バイヤー選手が優勝したのである。

そして、これが回転式投法である。できたら、日本人選手にはこの投法で記録更新をねらって欲しいと思っている。【残念ながら誌面ではこれらの動画を見せられない】

9. 「15m 54」が人類の限界と言われた時代もあった

ところで、世間で言われる「記録には限界はない」とか「記録は破られるためにある」と言ったことに関して面白い事実があった。「15m 54これが人類の到達し得る最高記録である」と信じられていた時代があった。アメリカの巨漢選手（1.93m、147kg）R. ローズ選手が前述の記録を樹立した時に、当時の陸上競技関係者は「絶対、この記録は破られない。人類の限界の記録だ」と断言した。5年経ち、10年たち、破られない。15年経っても破られない。「だろう！ おれが言ったとおりだろう！！」と鼻高々に、自分達の予言を鼓舞したのである。ところが19年後（1929年）に、一人の男によってこの

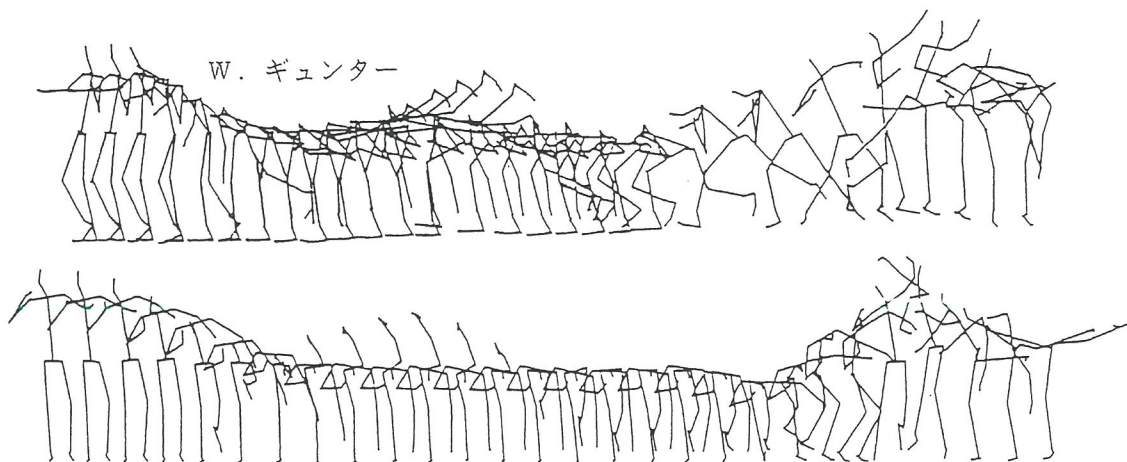


図6 ギュンター選手のオブライエン式投法のスティックピクチャー

限界と言われた記録が破られたのである。絶対に破られない記録, 15 m 54 が破られたのである。それは 15 m 57, 僅か 3 cm である。R. ローズの人類最高記録説の背景は, R. ローズは 1 m 93, 147 kg の巨漢で, 力が強くしかも素早い動きができる選手であった。従って, 彼以上の大男で, 力のある選手でも出てこない限り, 破られないと。ところが, R. ローズの記録を破った J. クックという選手は身長 1 m 80, 体重 90 kg. まるっきり予想に反した選手によって破られたのである。そして, 彼が 3 cm 伸ばしたその年に, 3 人の選手が世界記録を次々に出しその年, 最終的には 15 メートル 79 まで記録を伸ばした。果たして, この記録更新の背景に何があったのか?。「砲丸投の革命である」。ひょっとしたら, ベリーロールが背面跳に変わったような, そのような発想の転換である。つまり, 砲丸投を, 「大男の力自慢達が投げる競技から, スピードによる競技」へと変えたのである。そしてそのスピードを出すために, 投てきフォームが変わってきたという状況である。

10. 歴史的変遷に見る砲丸投動作の原理的変遷

そこで, 記録向上を目指した投てき動作の改善の方向は, まとめると, 1) 右腕のみの突き出し→下半身及び全身を用いた突き出し, 2) 短い弾道距離→長い弾道距離, 3) ゆったりした動き→スピーディーな動き, 4) 高い姿勢での動作→低い姿勢での動作, そして, 5) 力依存→スピード依存・パワー依存の投てき, 6) 上体の起こしの小さな動き→大きな動き, そして, 7) 上体の捻りの少ない動き→上体の捻りの大きな動きといったこと等が原理的な変遷と考えられる。その意味ではオブライエン式投法や回転式投法はこれらの変遷から必然的に出

現すべく生み出された投法と考えられる。

11. 砲丸投の記録に影響を及ぼす要因及び条件

図 7 に砲丸投げに影響を及ぼす要因及び条件として 1) 形態・体力的条件, 2) 力学的条件 3) バイオメカニクスの条件, に加えて 4) 砲丸投げへの価値観, 6) 環境を上げた。

形態体力的条件では身長や体重, 強靱な筋力等の条件であり, 力学的な条件としては図に示したような諸要因の意味を知ることなどである。バイオメカニクスの条件としては, 力学的な理論をいかに動作として身に付けるかと言うことの技術の技能化である。実際に自分の動作の中で生かせる状況にあるかといったことが重要なのである。加えて, 砲丸投げへの価値観つまり, 砲丸への取り組みやその意欲や愛着等が重要となってくるということである。どんなに形態的, 体力的に恵まれていても砲丸投をやろうとする気持ちがなければ終わりである。加えて, 更に大事な条件は砲丸投の選手としての生活を持続できる練習環境, つまり指導者や仲間にも恵まれているか否か, また経済的な状況はどうかといったようなことである。このような諸条件が複合的に整って初めて記録の向上が見られるわけで, 決してバイオメカニクスがオールマイティではないということである。今, 日本の陸上競技は, 投てき選手に限らず競技者としての生活の確立に悩み, 苦しんでいる選手が一杯いることを嘆かざるを得ない実態である。

12. 大学卒業後に強くなる外国一流選手～その秘訣は?

図 8 は 1970 年に活躍した G. ウッズ選手と A. フェアバハ選手の記録の変遷と時代毎の回帰方程式である。

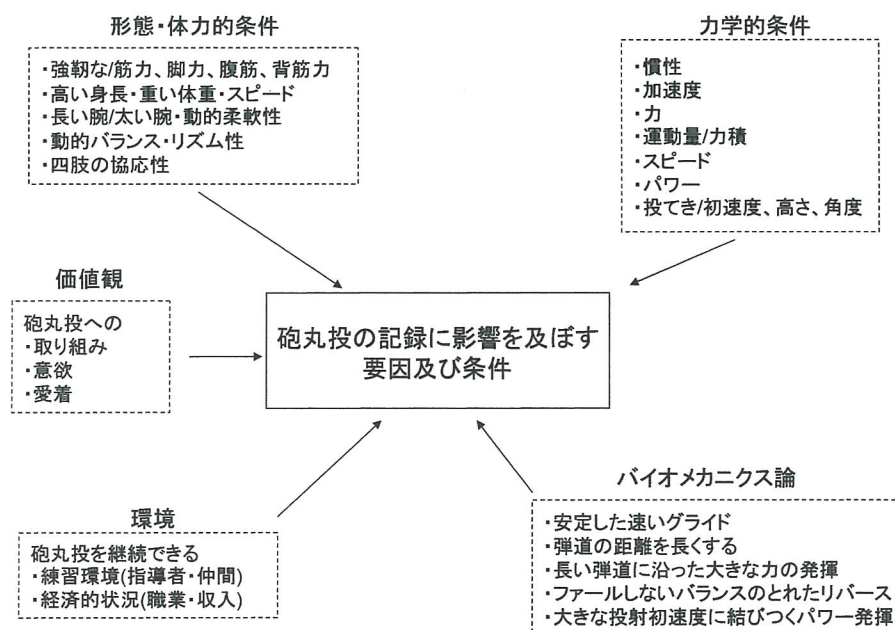


図 7 砲丸投の記録に影響を及ぼす要因及び条件

高校時代の記録は日本の高校生と変わらない。むしろ弱いくらいである。大学時代も 16 m から始まっている。記録が伸び出したのは、実は大学を卒業した以降なのである。大学を卒業した後に、4 m も 5 m も記録が伸びている。何故であろうか？これは、砲丸投にける情熱や価値観の問題と指摘したい。例えば、ウッズ選手で言えば、大学を卒業して小学校の先生になった彼は来るべきメキシコオリンピック大会に対して、とにかく出場したいと言う強い決意のもと小学校の先生の職を投げ打って、そして練習環境に恵まれたロスに移った。しかし、仕事の都合で、彼の練習は夜にしかとれなかった。練習場所すら確保できない状況で彼は通りの街灯の下で練習を行った。「私の練習は、投げるよりも砲丸を探す時間の方が多かった。そこで思いついたのが、砲丸に白いペンキを塗ってやることであった」。これはオブライエンも同じようなことをやっていた。今時、日本で夜、月明かりを頼りに、砲丸に白いペンキを塗って砲丸を投げ、寝るときに砲丸を胸に抱いて寝る選手が何人いるだろうか。そのような砲丸投への情熱、価値観と言ったものが間違いなく私は重要であると指摘したい。

13. 体力的にハンディの大きい日本人といわれているが ～大相撲の力士を砲丸投の選手にしたら～

例えば、体型的にハンディを持った日本人選手といわれているが果たしてそうであろうか。世界の一流選手は、大体身長 1.90 m、体重 120 kg。日本の一流選手は、身長 1.80 m、体重 110 kg。それほど大きな差はないと思われる。先ほど休憩時間に沢木啓介先生等と談笑したときに外国の木こりやら日本のお相撲さんの話をしたが、お相撲さんを砲丸投の選手にしたらどうなるだろうか。本場所の幕内の力士の平均身長は 1.86 m、体重 155 kg である。この人達が、何らかのきっかけで砲丸投に意欲を持ち、砲丸投の選手になっていれば体力的にハンディを持った日本人という問題は解消されるのではないだろうか。沢木先生は「二所ノ関部屋だったら紹介できますよ」ということで、体力測定でもやらせてもらおう

かと思ったような次第である。

形態ということで、図 9 は野口選手が 18 m 53 の記録を樹立した直後の形態測定の結果である。身長 1.82、体重 106 kg、胸囲 115 cm、大腿囲 72、5 cm (右) 等。皆さんが指導されている選手と比較してみていただきたい。

14. 世界一流選手の筋力や基礎運動能力の実態

筋力や基礎運動能力ということに関してフュアバッハ選手、ウッズ選手、ギュンター選手の表 1 に示した。基本的にはこのくらいの筋力がないと 7.257 kg の砲丸を 20 m 投げるのは容易なことではない気がする。更にギュンター選手は、身長 2.0 m、体重 128 kg の巨体にもかかわらず立幅跳びで 3 m 58、走高跳 2 m 02。彼は嘗て、スイス選手権の 100 m で入賞の実績を持った程のスプリントを持ち、スキーは上手いし、バスケットボールにも非凡な才能を持ったオールラウンダーなのである。

表 2 はギュンター選手の異種重量での砲丸投の記録である。5 kg で 26 m 59、8.0 kg で 21 m 19、9.0 kg でも 19 m 85 を投げる。驚くべき数値である。沢木先生が言われた、「外国のかい、きこりなんかは意外に投げるんじゃないですかね!」。蓋し名言。本当に意外に投げるかも知れない。

はい、ちょっとこれを見ていただきたい (図 10)。ギュンター選手が何かやっている。そうです、投てきに入る前に砲丸をポイと右足の甲ですくって放り上げ、右手でキャッチしている。これが世界の砲丸投の実態である。

15. 岡野選手(日本)とギュンター選手(世界)の比較

図 11 は全日本記録保持者の岡野雄司選手 (17 m 63) とギュンター選手 (21 m 76) の砲丸投の比較である。ギュンター選手の投てきは 91 年の世界陸上の優勝投てき。岡野選手の投てきは小山先生覚えていらっしゃいますか？日本選手権の折り、5 投目まで右にそれる投てきが続きすぎて、最後の 6 投目に入る前に「小山先生、岡野選手にひとことアドバイスよろしいですか？」とお断りした上で、投てき方向の修正を指示させて頂き、めで

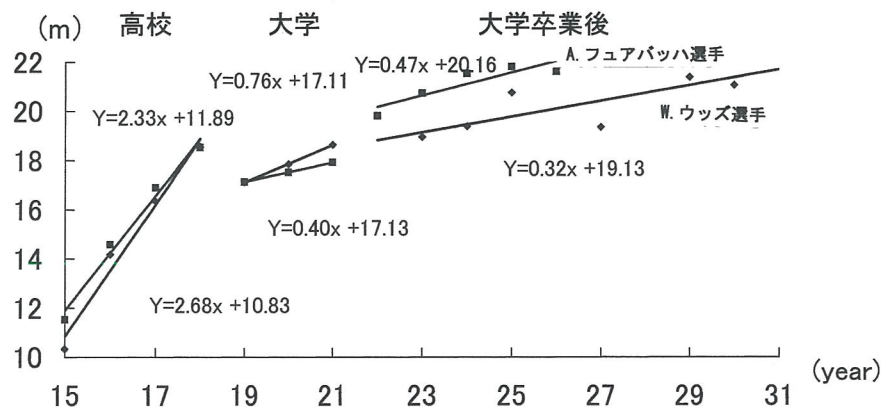


図 8 G. ウッズ選手と A. フュアバッハ選手の年代ごとの記録の更新に関する回帰方程式

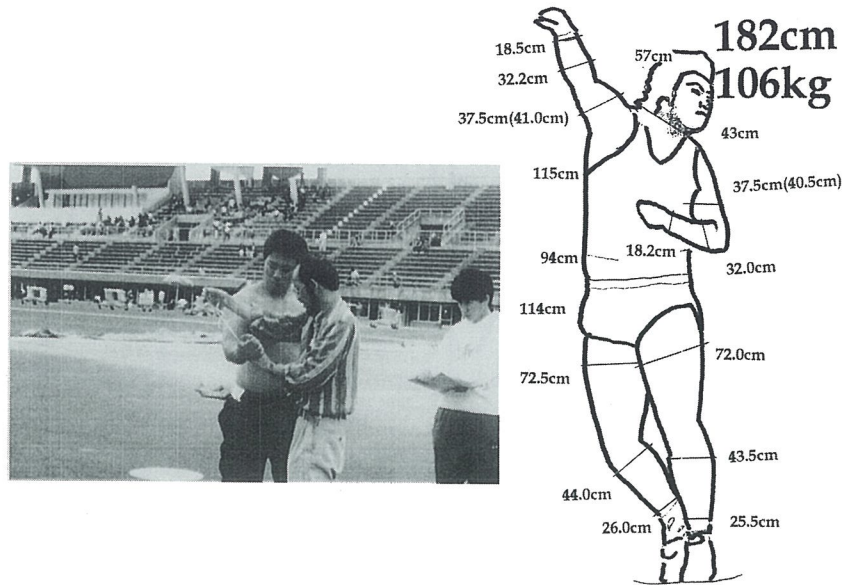


図9 野口選手の形態測定の結果

表1 世界一流選手の筋力及び基礎運動能力の実態

	フエアーバッハ	ウッズ	ギンター
クリーン(kg)	177	180	200
スナッチ(kg)	152	150	150
ベンチプレス(kg)	200	230	220
フルスクワット(kg)	265.5	295	280
デッドリフト(kg)	285	290	285
立幅跳(m)			3.58
走高跳(m)			2.02

表2 ギンター選手の異種重量の砲丸での記録

砲丸重量(kg)	記録(m)
5.00	26.59
6.80	23.05
7.25	22.75
8.00	21.19
9.00	19.85
10.00	18.12

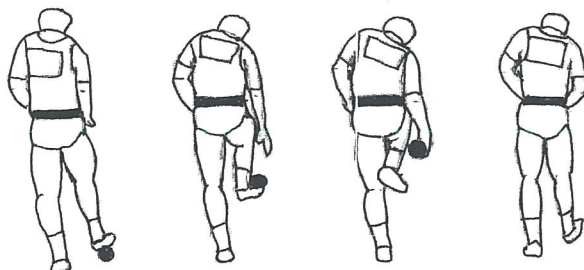


図10 ギンター選手の驚くべき筋力

たく日本タイ記録(17, 63 m)を樹立した時に投てきである。両者の動作を砲丸投のサークルに合わせて示した。実線は砲丸の軌跡で、点線は砲丸の速度、そして太い線が砲丸に与えた力である。残念ながらこれは2次元的な解析結果で3次元であればなお良かったのだが・・・両者の違いがいろいろ確認されるが、例えばギンター選手は、サークルの68 cmの所(↑)でもうスピードが高まっている。一方、岡野選手では1 mの地点である。力の発現もパターンとしては類似しているが・・・横軸は距離、縦軸の力。この積分値は仕事になる。つまり、この力曲線囲まれた面積の大小が両者が砲丸に与えた仕事量の違いとなる。結果として17.63 mと21.67 mの差となっている。

16. 演者の回転式砲丸投への取り組み

突然、このような写真が出て来ました。これは高等学校時代の私です。はい、次、お願いします。これは、私の兄貴である。九州選手権大会で優勝したとき(1956年)の投フォームである(写真1)。新日鉄八幡、昔の八幡製鉄の陸上競技が強かりしころの砲丸投選手だったのであるが、郷里、鹿児島の小島義雄選手が14 m 16の日本記録を持っていた頃の3～5番手の選手が兄であった。自分の兄ながら、憧れを持って兄のような一流選手になりたいとの夢を持ちながら、私は小学校3年生の時初めて砲丸を投げた。

先ほど、尾縣先生が「植屋先生の回転式の研究は1983年頃」と言われたが、実は1967年、私の大学院の修士論文で回転式を扱った。身体的に恵まれない自分が、大きい選手に追いつき、追い越すにはどうしたらよいかの一心で取り組んだのが回転式投法であった。

回転式投法で何とかならないかと考え、指導教官の一

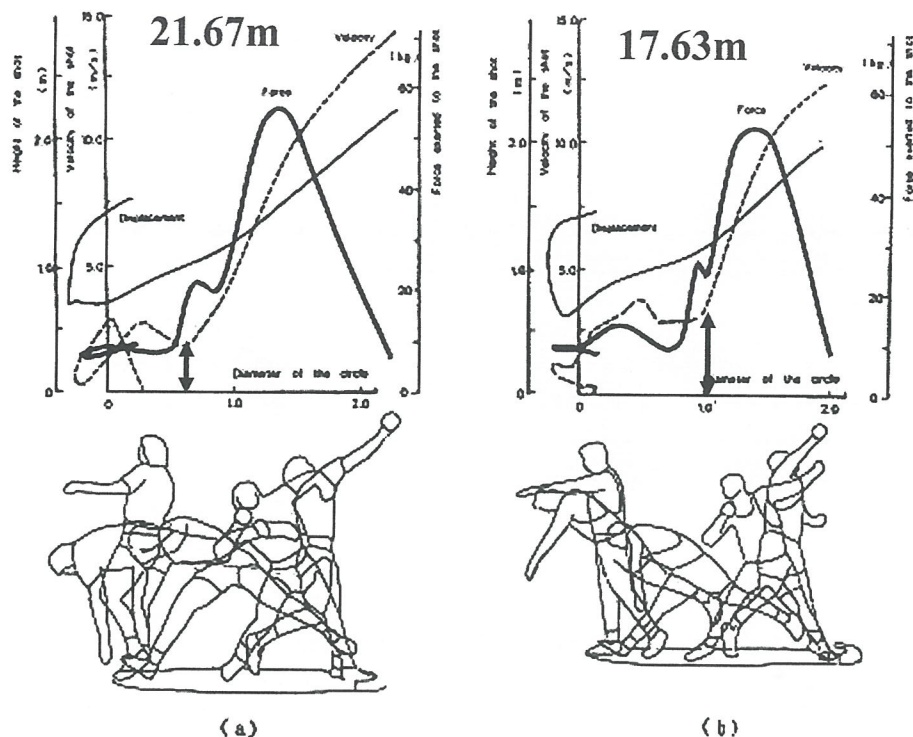


図 11 前日本記録保持者岡野選手 (17.63 m) とギュンター選手の投てき (21.67 m) 技術の比較



写真 1 演者の兄 (植屋正見) の投てきフォーム (私の砲丸投人生の始まりは兄達への憧れから始まった)

人である武政喜代治先生に相談したところ、「君、そんな考えは止めろ！」と一喝された。「投てきには4種目あるが回転は円盤投とハンマー投で、砲丸投とやり投は直線的な運動でいいのだ！そんなバカなことを考える必要はない……大体、そんなルール違反だぞ……」と。そこで、ルールをいろいろ調べた結果、肩の線

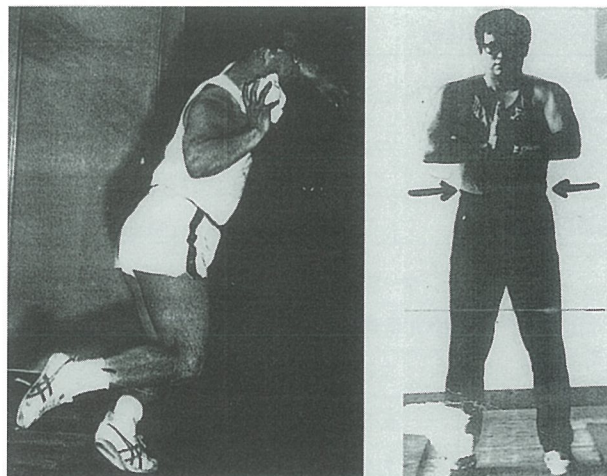


写真 2 回転式投法に取り組んでいた時代の演者

から下がってボール投げみたいな投法になったらルール違反だが私が試みていた投法は問題ないということを突き止めた。そして、回転式投法をエネルギー示性式で捉え、回転式投法は筋力には劣るが器用さに富んだ選手(日本人選手等)にはむしろ向いているという結論に達したのが1968年であった。

これは(写真2)私であることが分かる人がいますか。筋力トレーニングに勤しみ、それこそ1日6食くらい摂りながら、身体づくりに励み、回転式投法に取り組んでいた時代の私である(お若い先生方、何んで植屋が砲丸投の研究をやっているのかという疑問も解けたのではなかろうか)。

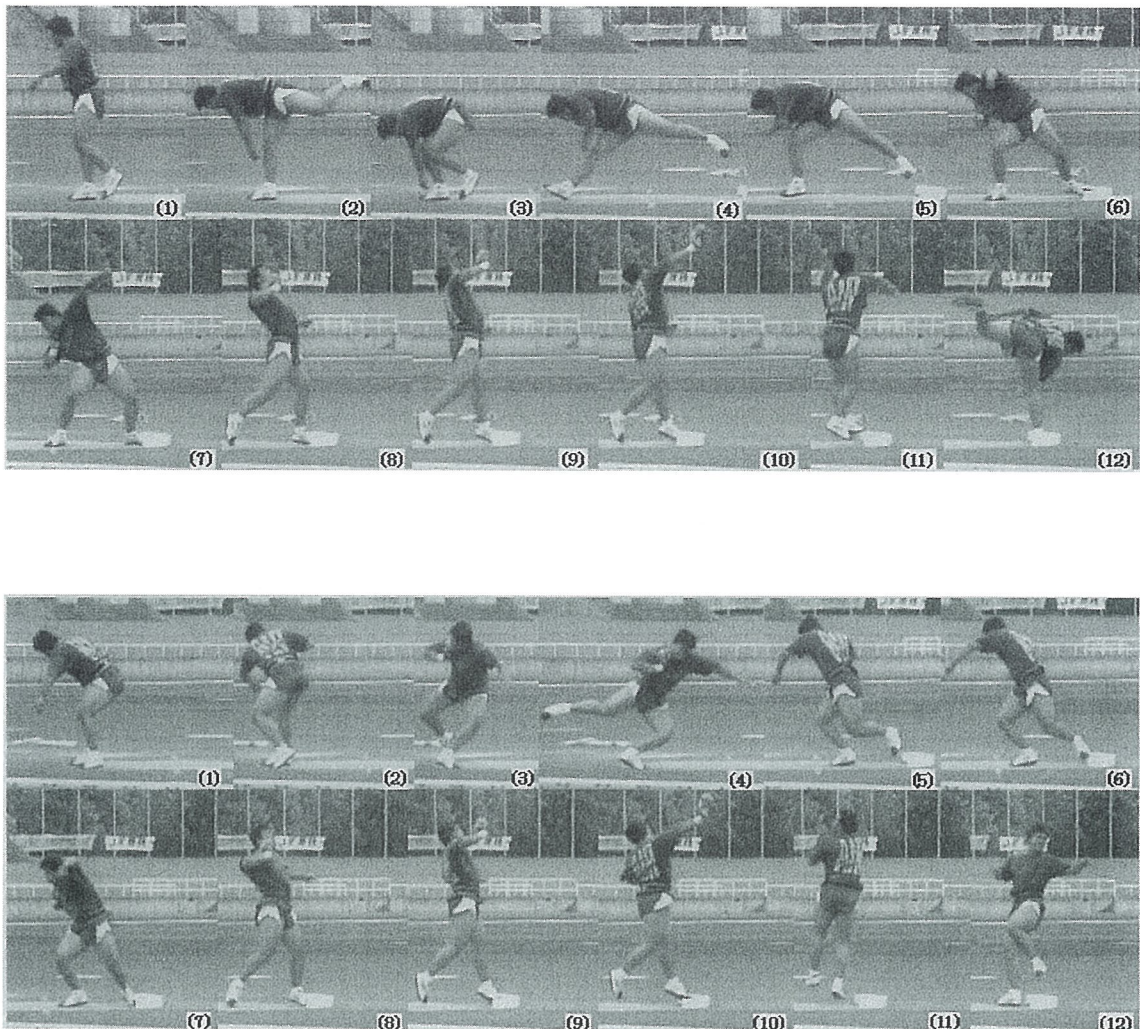


写真3 野口選手のオブライエン式投法と回転式投法の連続動作フォームの比較

17. 野口選手の回転式投法

次に野口選手の回転式投法に関して述べてみたい。写真3は山梨県の小瀬陸上競技場で実験的測定として行った時の野口選手のオブライエン式投法と回転式投法の動作フォームの比較である。この時点での彼の回転式動作はこの投法をほとんど練習していない時、極端に言えば全く初めてに近い状態でのものであった。グライド投法と回転して投げる回転式投法では動作フォームは違うのは当然だが、野口選手は初めてに近い状態で右脚の振り出しや回転のバランスや両足の着地のタイミングなどほとんどできていた。更に実は野口選手のオブライエン式投法の中に、既に回転式投法の特徴である右の腰の引き出しができていたのです(写真No.8)。これは驚きであった。これができていれば回転式東方に移っても基本的には問題はないとの結論に達し「小山先生これでいきましょうよ!」ということで説得して、回転式への移行ということになったわけである。勿論、野口選手の中では大きな葛藤や試行錯誤があったのは事実であるが……

僅か1.80 m, 90 kg のラルソン。19メートル96, 世

界選手権東京大会で投げた。よく見て置いて欲しい。参考までに写真4にラルソン、鈴木選手、高橋選手の連続動作フォームを示したが、鈴木文選手の回転式投法は形は回転式だが全く回転式になっていない。もしこの人が本当の回転式を身につけたら、間違いなくもう少し記録を伸ばしたであろうといった予想はつく。

写真5は私がアイオワ大学にいた時(1981年)に、それこそ私よりちょっと身体の大きい位の選手が回転式投法で18 m 近く投げた。それこそ、びっくりして8 mm カメラに収めたものがある。私自身の修士論文やこの実態から「回転式、回転式」とことある毎に主張し続けた。尾縣先生は多分このことから植屋の回転式は1982年頃と言われたのであろうが実際にはうんと早い1968年頃なのである。

18. 試合用の砲丸重量以上に臨界重量を持てれば…

そこで、エネルギー示性式から、回転式投法とオブライエン式投法を比較すると、回転式投法とオブライエン式投法の比較ではそれ程回転式投法の技術のない人でも、砲丸の重さが軽いときには、回転式は間違いなく飛ぶ。ソフトボールを投げてみてください。間違いなく、回転



写真4 回転式のラルソン選手、鈴木文選手、高橋修選手の投てき動作フォームの比較

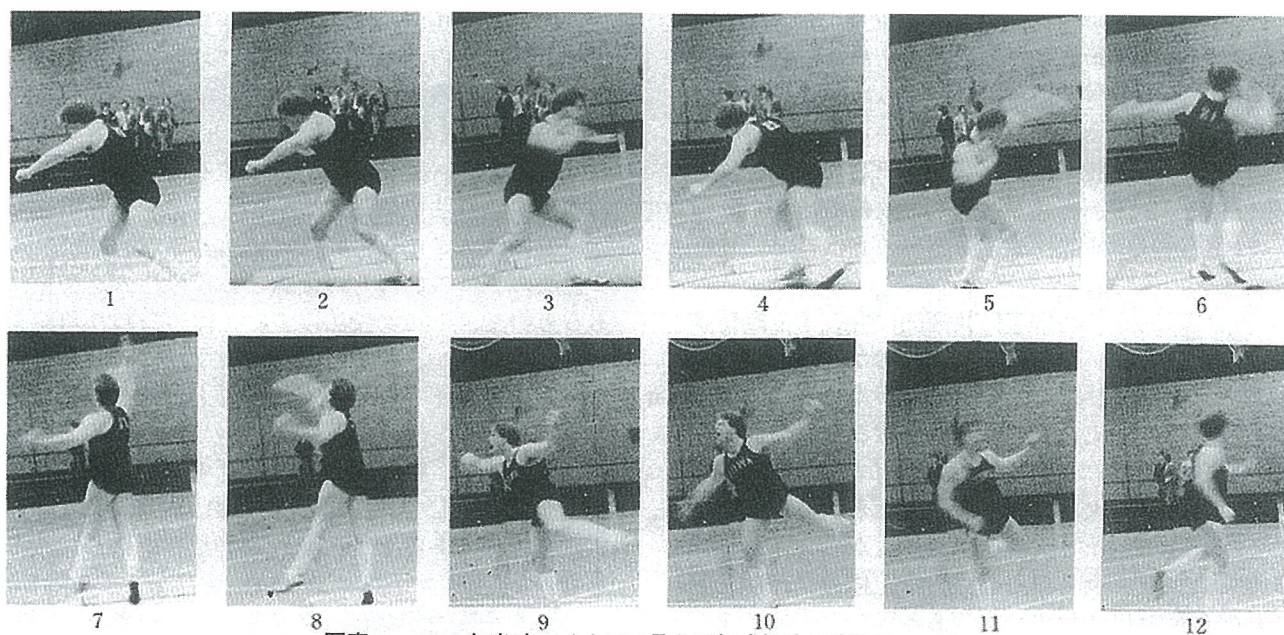


写真5 1981年当時アイオワで見た回転式投法の連続フォーム

式の方が飛ぶ。しかし、ある重さ以上になると記録が逆転してくる。これを臨界重量 (W^*) と考えると、高校生であれば 5.45 kg, 女子であれば 4.0 kg, 一般では 7.257 kg 以上にこの臨界重量をもってくればいいわけである (図 12)。

図 13 は回転式投法とオブライエン投法のエネルギー示性式での比較である。砲丸重量の違う 7 個の砲丸 (1.5 kg~8.5 kg) を投げ、各重量での初速度 (V) の算出か

ら運動エネルギーの形でまとめたもの「 $\frac{1}{2} (M+A) V^2 = Ed$ 」である。此处で M は砲丸の質量, V は初速度で, Ed は発生エネルギー, A は消費エネルギーの係数で, $\frac{1}{2} MV^2$ は砲丸に与えられた出力エネルギーである。従って、理想的には砲丸投動作で生み出す発生エネルギー (Ed) が大きく、消費エネルギーの係数 (A) が小さい方がよい。両者の比較ではオブライエン式投法は発生エネルギーも大きいと同時に砲丸投動作そのもので

消費する消費エネルギーの係数も大きい。つまり、器も大きい、無駄も大きい。それに対して回転式投法は発生エネルギーは小さいが無駄も少ないという特徴、つまり筋力依存型と言うよりは動き依存型の投法と言うことである。

19. 回転式投法の動作学的原理

動作学的原理で両者を比較したものが図14である。オブライエン式投法は上体の起こしを特徴とし水平方向の軸を有し、回転式投法は身体の高軸（垂直方向）に回転の軸を有している。オブライエン式投法でグライド後、上体を起こす姿勢の慣性モーメントを考えますと、非常

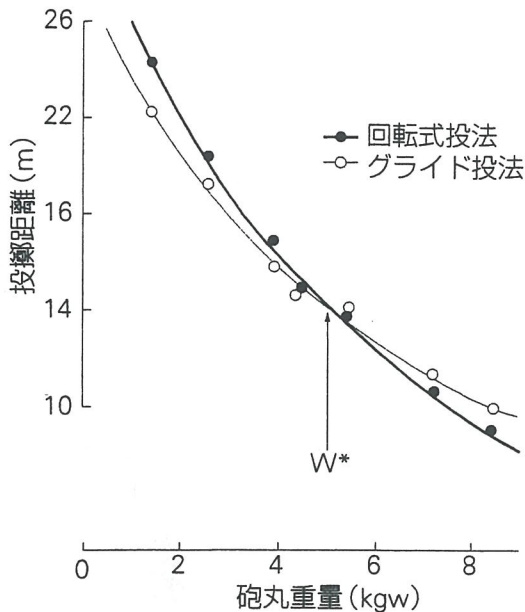


図12 オブライエン式投法と回転式投法の比較に見る臨界重量

に大きな努力を必要とする。それに対して、回転式の場合には高軸周りの慣性モーメントが非常に小さく、回り易い、大きな角速度が得られ易い。回転式投法はちょうど雨傘の柄を回すと、水滴が接線方向に飛んでいく原理と考えられる。

20. 学校体育における「砲丸投げ」の指導にひとこと

更には、先ほど関岡先生も触れられた、学校体育における砲丸投の指導は、基本的には全く行われていない。高等学校では、保健体育の体育分野の「スポーツ1」というところで、「砲丸投げは気をつけながらやりなさい」となっている程度である。ここにひらがなの「げ」がついているのは、競技としての砲丸投ではなくて、まさに陸上運動に近い形の砲丸投げである。私が勤務する大学の体育科の学生ですらおよそ半分以上が、高等学校時代に砲丸投げを経験したことがないと言っている。このような学校体育の指導の実態から、将来的に20m, 18mを超える選手が果たして生まれるのだろうか。絶対に無

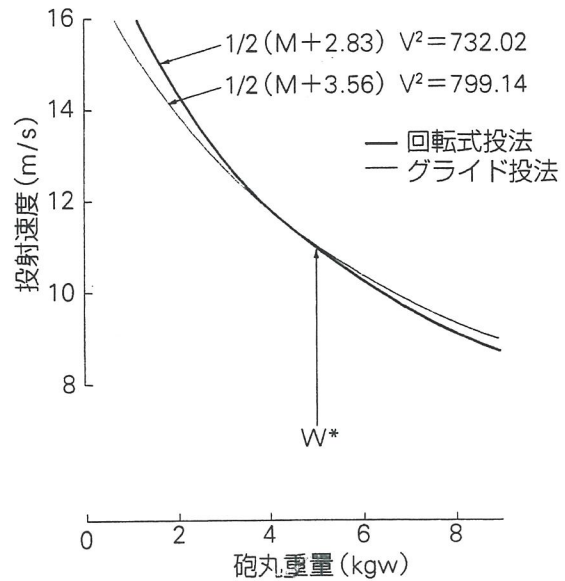


図13 オブライエン式投法と回転式投法のエネルギー示性式からの比較

理である。従って、砲丸投ひいては陸上競技全般を学校体育の重要な教材の対象として取り扱うべきことを我々陸上競技関係者は主張し、示唆を与える必要もあるのではないだろうか。

21. まとめ

まとめとして、少し時間を越えたけれども、日本人選手が男子20m, 女子18mを超えるための諸条件として1番目は大型選手の発掘・育成。基本的には「1m80, 90kgでは無理と思われる。但し、ラルソンが、同じ身長・体重で19m96を投げている事実もあるということの言葉を添えたいと思う。

2番目には総合的な体力、運動能力の高い選手の発掘・育成。基本的にはスピード能力に優れ、筋力・筋パワーに優れ、動的柔軟性に優れ、バランス能力の高い選手の育成。但し、体脂肪の多い肥満体ではやはりだめだろうと思われる。ちなみに、ギンターは、2.00m, 128kgだが、嘗てスイス選手権の100メートルで入賞の実績もあり、ハイジャンプで2.03mも跳んでいる。それから、強靱な筋力や爆発的な筋パワーに立脚するオブライエン投法から動きのコーディネーションやバランス能力等に立脚する回転式投法への移行。

更には砲丸投が継続できる社会的環境作り。例えば、一流選手の社会的な保障、砲丸投に専念できる生活環境の提供、更に砲丸投の成熟年齢は30歳以降と考えることも含めて、やはり社会人になってから頑張れるような社会的な保障が絶対に必要だろうと思う。その上で今日、私が発表した科学的理論に基づいた選手育成指導が大事であると思う。生活環境ではないが、ラーメンを食べながら、或いは職にすら就けない一流陸上競技選手が今日たくさんいるが、一昨日の新聞に大リーガーのR. ジョ

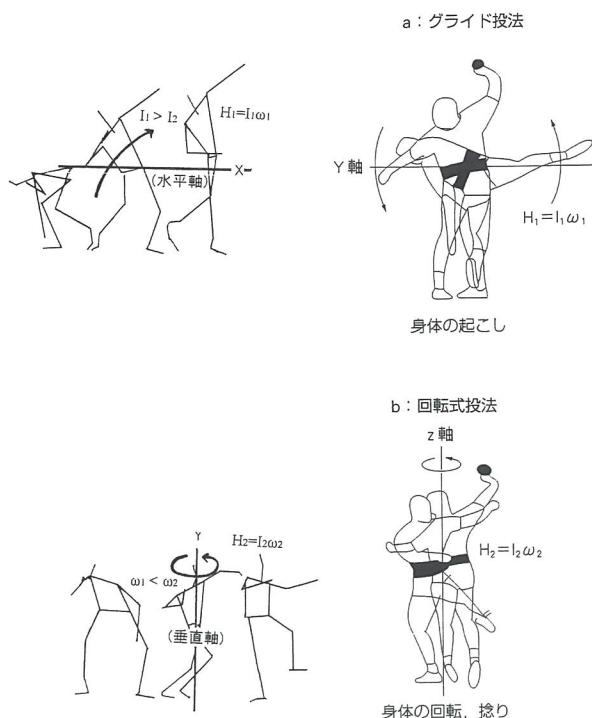


図14 オブライエン式投法と回転式投法の原理的な違いの比較

ンソン投手が2年間で39億円の契約をしたとのこと。このような生活環境を与えたら、日本の砲丸投でも20m行くのではないだろうか。日本人選手にとって砲丸投に専念できる環境が果たして整っているかということも、科学としてのバイオメカニクス以上に考えるべきことではなかろうか。あの有名なオブライエン選手、彼はヘルシンキ・オリンピック大会（1952年）に優勝し、東京オリンピック大会に出場した時は39歳であった。そして職業は銀行の頭取であった。これらも選手が砲丸

投にける情熱，ロマン更には選手の社会的保障と言うことになるのではなかろうか。

更に，身体的能力に優れた外国選手の帰化．R．バーンズレベルの選手を帰化させよう．大相撲とかサッカーでは既にやっているではないか．朝青龍然り，サントス然りである．勿論帰化問題は冗談を含んでのことだが要は外国人選手に負けないくらいの身体的能力に長けた日本人選手の育成が大切だろうとの考えである．私の大学院時代に「何故日本人は18m投げられないか」というタイトルでノートをつくり勉強していたとき恩師，金原勇先生がそのノートを見て「そんなの簡単ですよ，オブライエンを日本人にすれば良いのですよ」と言われた．その時本人は憤慨したけれども，金原先生が言われたことはまさに上述したことであったのである．

図4に日本記録の更新に関わる回帰方程式からの男子20m，女子18m突破の可能性は「2032年」，「2024年」と算出されたものを示したが，これはあくまでも日本記録の更新からの算出であって統計のあやというかある種の誤魔化しも介在し得る．現時点での日本歴代10傑を見ると男子では8位の野澤選手以外はすべて野口選手で，女子では森選手の17m39を筆頭に青山先生（国士舘大学）の所の森さんと豊永さんのオンパレードであり，男子20m，女子18mの樹立はこれらの選手の個人的な活躍にかかっていると言える．野口選手及び森選手の個人内のレベルで行けば，野口選手が怪我から復帰したり，森選手のこの3～4年の伸びの勢い（現実的に現在18mまで僅か61cm）から行けば，図15のように2004年6月には「18m」の突破も可能という回帰方程式も成り立つのである．早めの到達を望んでやまない．

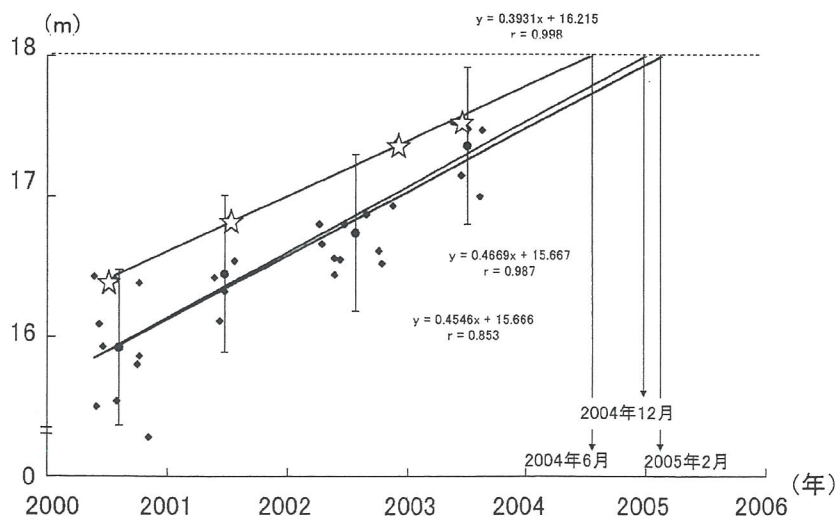


図15 森選手の個人内記録から見た「18m」突破の回帰方程式（4年間の自己ベストの記録から算出された年月は2024年よりも遙かに早く2004年6月と算出される。現実的に彼女は2004年4月に18mを突破する18.22mを樹立）

日本陸上競技学会会則

平成14年10月26日制定

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 25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) 理事のうち若干名は会長が委嘱することができる。
- (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) 会則の改定
- (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14年10月26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、下記のことを記入する。

- 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)

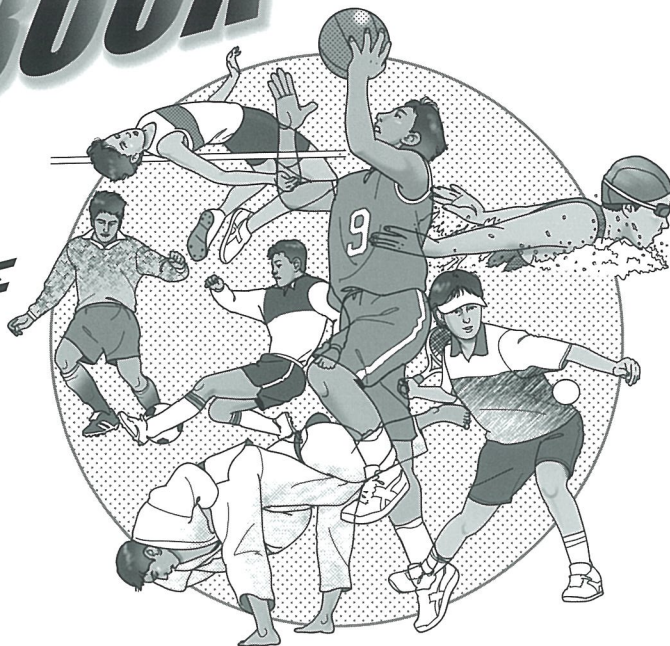
① 投稿原稿の種類	研 究 ・ ショートペーパー ・ 報 告 解 説 ・ 陸上競技 Round-up ・ その他	
② 題 目 ・ (English)		
③ 著 者 名 ・ (English)		
④ 所 属 機 関 名 ・ (English)		
⑤ 所 在 地	〒	
⑥ 連絡先電話番号		
⑥ E-mail アドレス		
⑦ K e y w o r d (5 個程度)		
・ 送付内容	研究・ショートペーパー・報告	・ オリジナル原稿 1 部 ・ コピー 2 部 ・ 電子データ (テキストデータ) フロッピーディスク
	解説・陸上競技 Round-up ・ その他	・ オリジナル原稿 1 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。

GAKKEN SPORTS BOOK SERIES

豊かなスポーツライフのために

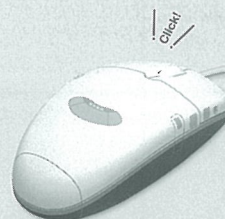
中学体育実技
中学保健体育の学習
中学保健体育ノート
学研式・体力テスト
中学体育実技の評価 (CD-ROM)
図解・スポーツルール
スキルブックシリーズ (種目別部活教材)
「からだの物語」シリーズ



学研 (株)学習研究社 教科図書事業部

〒146-8502 東京都大田区仲池上1-17-15
TEL 03-3726-8134 (代表)
FAX 03-3726-8148
(ホームページ) <http://www.gakken.co.jp/kyokatosho/>

駅に行かずに、
ネットでもね。
JRのパス予約。



あなたのパソコンから日本全国のJR指定券や航空券、旅館・ホテル、ツアーまで、予約できます。

インター
ネット予約で、
たまる。
トクする。

**えきねっと
ポイント**

- JR指定席予約
- 旅館・ホテル予約 (JTBマークの施設をご利用)
- JAL・JAS国内航空券予約
- レンタカー予約
- えきねっとshopping
上記のサービスご利用で、
“びゅう商品券”や“オレンジカード”と
引き換えられるポイントが
どんどんたまる!

**えきねっと
割引**

インターネットでJR東日本の
新幹線指定席を予約し、
JR東日本の主な駅に設置
してある指定席券売機で
受取ると割引に!

たとえば、新幹線普通指定席を、おとな一人で片道ご利用の場合
東京～八戸(片道)なら400円 割引!!
東京～秋田(片道)なら700円 割引!!
※「えきねっと割引」で発券後のきっぷの変更には、制限があります。
※回数券等のおトクなきっぷとの併用や、各種割引、乗継割引との
併用はできません。
○「えきねっと割引」の詳細はホームページをご覧ください。

- 駅に行かずに全国のJR指定券が予約できます。
※指定席は、JR東日本の駅のみどりの窓口・びゅうプラザ及び指定席券売機でお引き取りになれます。
- 国内の旅館・ホテルが予約できます。
※クーポンレスなので、そのまま往へ行くことができます。
- 国内・海外ツアーが予約できます。
- JAL・JAS国内航空券や国際航空券が予約できます。
- コンサートチケット等の先行抽選予約やイベント券情報をご覧いただけます。

- 国内のレンタカーが予約できます。
- 海外ホテル・レンタカーの予約ができます。
- 全国のJR列車や航空機の時刻・乗換をご案内します。
- 全国のJR運賃・料金、JR東日本の定期運賃をご案内します。
- 国内、海外の観光情報をご覧ください。



携帯電話(ボイダフォンライブ!、EZweb、iモード)・
Lモードからも、全国のJR新幹線、特急「あずさ」
「かいじ」「ひたち」の指定席券売機と予約が
できます。

【東内での携帯電話のご案内】
東北管内では、携帯電話の電源をお切りください。また、それ以外の
場所では、マナーモードに切替え、通話はご遠慮願います。

携帯電話・Lモードからのサービスのご利用には、「えきねっと」会員登録の他にパソコンから本サービス
をご利用いただくための通称登録を行ってください。

www.eki-net.com えきねっと 会員登録 無料

本、DVD、銘菓・名産品、旅行グッズ、鉄道グッズが満載の えきねっとshopping もご利用ください。

○詳しくはホームページをご覧ください。 ※記載の情報は、平成16年1月1日現在のものです。

☆——「スポーツとは何か？」という問いかけに答えることによって指導の目的と方法を明らかにする——☆

コーチと教師のための スポーツ論

関岡康雄 編著 A 5 版200頁 定価2000円

一教師やコーチの指導の在り方は、スポーツの全体像を踏まえてはじめて明らかにできる。スポーツ方法学、スポーツ教育学、学校保健学や各種スポーツのコーチング論を専門とする執筆者陣がスポーツの全体像に迫ります。

〔主目次〕

- I スポーツ論——1 スポーツとはなにか 2 コーチングとはなにか 3 コーチングの現状と問題
II 競技スポーツ論—4 スポーツの振興と競技スポーツ 5 スポーツ指導者 6 一貫指導システム 7 スポーツとモラル
III 体育スポーツ論—8 スポーツの学習 9 スポーツの指導 10 スポーツ学習の評価

陸上競技を科学する

関岡康雄 編著 筑波大学陸上競技指導者研究会 編

1999年刊 A 5 版238頁 定価2940円

I 競技コーチング／II スポーツ教育／III 共通基礎

スポーツタレントの科学的選抜

関岡康雄 監修 1998年刊 定価4200円

陸上競技の方法

関岡康雄 監修 1990年刊 定価1700円

陸上運動の方法

関岡康雄 監修 1987年刊 定価1680円

★スポーツのあらゆる局面に必要な法規資料を収録★

必携 スポーツ関係六法 2004年版

スポーツ関係六法編集委員会 編 編集代表 笠原一也・永井憲一
B 6 版528頁 定価3000円

道和書院

東京都豊島区高松 2-8-6 〒171-0042

TEL (03) 3955-5175 FAX (03) 3955-5102

URL <http://www.douwashoin.jp>

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

日本陸上競技連盟機関誌



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 03-3238-0939 送料小社負担。特別定価号の
FAXで 03-3238-0084 差額はいただきます。
インターネットで <http://www.bbm-japan.com>



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

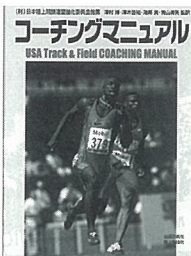
東京都千代田区三崎町3-10-10

月刊陸上競技

「月刊陸上競技」は毎月14日発売です。



SINCE 1967



コーチングマニュアル

全米陸上競技連盟著

澤村 博・澤木啓祐 監訳
尾縣 貢・青山清英

B 5判256ページ

定価4200円(税込) 送料340円

日本陸上競技連盟強化委員会 推薦

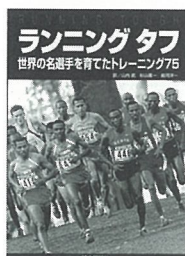
日本学生陸上競技連合 協力

関東学生陸上競技連盟

全米陸上競技連盟が総力をあげてまとめたコーチのための陸上競技完全指導マニュアルを、各種目ごとに日本のトップコーチが翻訳。日本選手向きにアレンジした「コーチング・バイブル」として大評判！

主な内容と翻訳者

強いチームを組織する……尾縣 貢	走高跳……青木 和浩
競技者のタレント性テスト……青山 清英	棒高跳……木越 清信
100m・200m……有川 秀之	走幅跳……植田 泰史
400m……苅部 俊二	三段跳……石塚 浩
800m～マイル……佐伯 徹郎	砲丸投……小山 裕三
3000m～10000m……前河 洋一	円盤投……金子今朝秋
110m H・100m H……安井 年文	ハンマー投……大山 圭悟
400m H……森丘 保典	やり投……加藤 昭
競歩……鯉川なつえ	七種競技……高本 恵美
リレー……麻場 一徳	十種競技……眞鍋 芳明



ランニング タフ

世界の名選手を育てたトレーニング75

マイケル・サンドロック著

山内 武・杉山喜一・前河洋一 共訳

A 5判180ページ

定価1680円(税込)

送料290円

E・ザトベック、F・ショーターといった歴史に輝く名ランナーから、現代をリードするK・ハヌーチ、P・ラドクリフまで、世界の頂点を極めた長距離王者たちの日常的練習メニュー75項目を一気に大公開。能力に合わせて強弱・長短をアレンジすれば、どんなレベルの選手にも応用することができます。刺激的な新メニューで練習効率がアップ！ 記録もアップ！

長距離ランナー必読

練習メニューが変わる！ 記録が伸びる！

購読ご希望の方は定価(税込) + 送料の合計額を添えて、現金書留または郵便振替(口座番号00100-6-83634 (株)陸上競技社)にて書名を明記し直接弊社宛てお申込みください。代引きでのご注文も承ります。

(株)陸上競技社 〒102-0073 東京都千代田区九段北3-2-5 東伸24九段ビル ☎03(5215)8881 03(5215)8882 <http://www.rikujyokogyo.co.jp>

日本陸上競技学会編集委員会 委員名簿

委員長	阿江 通良	筑波大学	委員	杉田 正明	三重大学
副委員長	高松 潤二	国立スポーツ科学センター	委員	図子 浩二	鹿屋体育大学
委員	石井好二郎	北海道大学	委員	高井 和夫	文教大学
委員	石塚 浩	日本女子体育大学	委員	向井 直樹	筑波大学
委員	伊藤 章	大阪体育大学	委員	持田 尚	横浜市スポーツ医科学センター
委員	伊藤 静夫	日本体育協会	委員	森丘 保典	財団法人日本体育協会
委員	佐藤 正伸	国際武道大学			

※50音順、敬称略

編集後記

向寒の折、皆様におかれましては、陸上競技の指導、教育、研究にますます励んでおられることとお喜び申し上げます。

陸上競技学会誌第2巻をお届け致します。アテネオリンピックにおける我が国の陸上競技陣の活躍は目覚ましいものがありました。このような選手の活躍に負けないように、早めに第2巻を発行したいと思いつつも大幅に遅れてしまいました。申し訳ありません。

しかし、お叱りを覚悟で言わせて頂ければ、第2巻の内容はこの遅れを補って余りある、素晴らしいものになりました。研究論文は1編ですが、この論文から日本女子長距離陣の強さの片鱗を伺い知ることができますし、さらなる進歩の方向も示されています。また、第1巻に掲載されたテレッツ氏の寄稿論文を図子先生（鹿屋体育大学）に和訳していただきました。

この第2巻で特筆すべきは、第1回大会で行われたシンポジウムの内容を多くの方の協力を得て、掲載できたことでした。当初、この企画はなかったのですが、シンポジウムが好評であったことから、これは何らかの形で残すべきであるとの意見が強く出たためです。この記録によってシンポジウムの内容だけでなく、熱気のある雰囲気も再現できたように思います。テープ起こしから作成した原稿から記憶をたどりながら何とか形にしていたいたシンポジストの方々、また原稿の final touch をお願いした編集委員および協力者の方々に感謝する次第です。

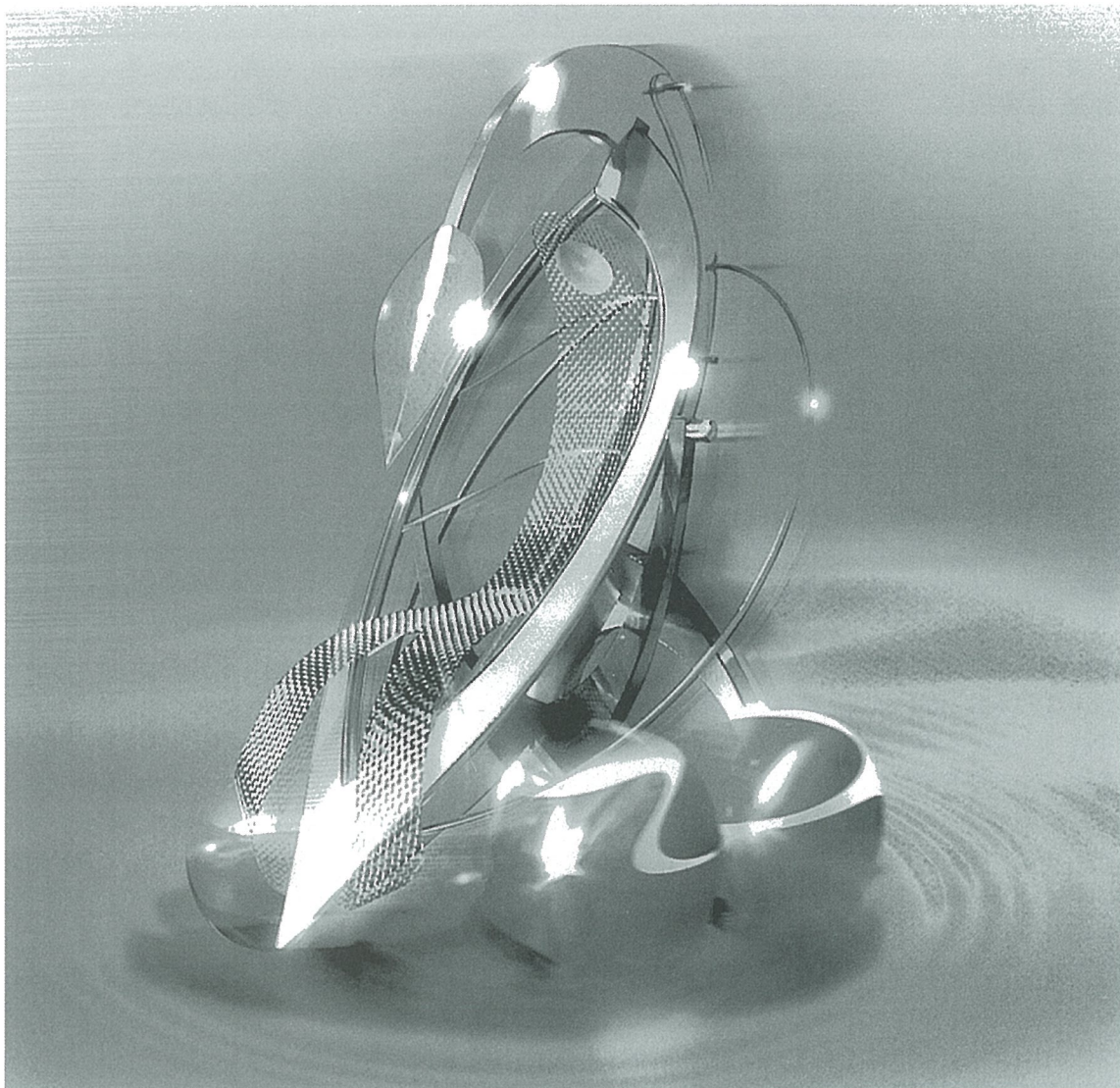
しかし、研究論文、実践報告などがまだ少ないのは事実です。本誌はもとより、学会の発展のためにも皆様からの積極的な投稿をお願いしたいと思います。

（阿江通良記）

陸上競技学会誌 第2巻（Vol.2, 2004）

2004年3月31日発行

発行人 関岡康雄
編集人 阿江通良
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



未来コンセプトビークル「i-unit」デザインイメージ

Inspire Individual

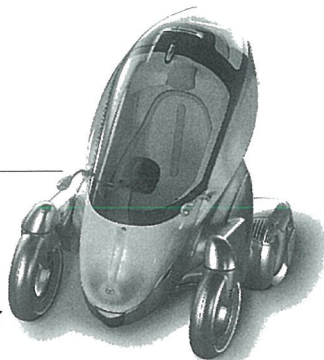
—人も地球ももっとすばらしくなれる。モビリティが拓く、人と地球のよりよいつながり—

トヨタは2005年「愛・地球博」で、
未来コンセプトビークル「i-unit (アイユニット)」のパフォーマンスショーを通じて
21世紀の「モビリティの夢、楽しさ、感動」を伝えます。

PM〈ピーエム〉

「であう、つながる、あつまる」

という新コンセプトのもと、
先端の情報通信技術の活用により、
人とクルマとの心通う一体感を追求した、
「着る感覚」の一人乗りパーソナルモビリティ



2003年東京モーターショーに出展した
PMをさらに進化させて「愛・地球博」に「i-unit」として出展予定。



- 開催期間 2005.3/25～9/25 (185日間)
- 開催場所 名古屋東部丘陵 (長久手町・豊田市・瀬戸市)

Japan Journal of
Studies in Athletics

