

昭和49年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

No. III 跳能力の向上

— 第2次調査報告 —

財団法人 日本体育協会

スポーツ科学委員会

第2報の研究報告をするにあたって

研究班長 松井秀治
(名古屋大学)

1. はしがき

第1次報告書の初頭にのべたごとく、本研究は、今日もなお欧米の第一線コーチが日本人の特性として認めている跳躍競技における、日本選手の停滞について出来るだけ現場に直結した面からその能力向上に関する、基礎資料の提供をねらいとしたものである。

諸種の事情から研究スタッフを3グループ計17名と限られたことから、必ずしもねらいに充分答える結果を得たとはいえないが、第2年次の研究においては問題を跳運動の内、高く跳ぶことに、すなわち走り高とびに限り3グループ協同的に分担研究をすすめたことから、走り高とびの能力向上にかかるかなりの研究成果を得たといえる。

細部に渡っては、各グループ毎の研究報告によることとするが、グループ毎の研究報告に先立つて第2年次のグループ別研究分担とその研究結果をまとめることとした。なお、第2年次の各研究グループのメンバーは次のとくである。

松井グループ

松井秀治(名古屋大学)
三浦望慶(〃)
袖山紘(金城学院大学)
小栗達也(豊田高専)
丸山吉五郎(法政大学)
小掛充基(日本陸連)

金原グループ

金原勇(東京教育大学)
高松薰(〃)
阿江通良(〃)
大西克志(順天堂大学)

宮下グループ

宮下充正(東京大学)

足立長彦(東京大学)
小島武次(〃)
大筑立志(奈良女子大学)
吉村雅道(渋谷区教育委員会)
鳥越成代(東京女子大学)

2. 研究分担と研究方法

第1次に引き続き垂直跳を対象とした跳動作の基本的研究を、発育期の学童を対象として研究を進めている宮下グループの1部を除き、第2次研究では跳運動を高くとぶこと、特に走り高とびにしほって次のような分担で研究を行った。

松井グループは踏切りにおける速度変換、すなわちスピード変換からみた助走と踏切りの関係と、今1つは背面とびにおける空中動作の技術的視点の解明を、35mm高速写真撮影による動作記録からの分析法によって遂行した。

金原グループは踏切り時における身体の使い方、特に腰沈めの動作をめぐって走り高とび選手として活躍した選手達のモデルによる実験的研究を行った。実験記録とその分析はすべて16mm高速写真を用いての分析法によった。

なお、グループの半ばにより跳能力全般への体力的視点として、跳能力選手の身体特性、特にパワー発揮に関する身体的特性を、過去および現在の優れた跳能力を発揮した人々の体力測定データーから、統計学的解明をこころみた。

宮下グループも2つの研究を進めた。1つは昨年に引き続き垂直跳にみられる跳動作の基本に関する研究で、本年は発育期の児童を対象にこれを行った。今1つは各グループ共通で分担した走高跳に関するもので、このグループでは合理的な踏切動作の解明を踏切時における脚筋力、とくにその筋力発揮と踏切の関係から究明した。

3. 結果の概要

跳能力の特性にかかわるものと、一連の走り高跳に関する研究の二つに大分して結果の概要を述べることとする。

■ 跳能力の特性にかかわるもの

(1) 筋収縮時間からみた跳能力について (宮下グループ)

4才～12才の幼児・児童を対象に身長類別化とともに、垂直跳記録と脚筋収縮時間、および脚筋力との関係から跳能力の基本であるパワーの発揮とその発育期における推移を究明し、次のような結果を得た。（何故垂直跳の記録、脚筋収縮時間、筋力等の関係からその究明をこころみたかについては、本論文を参照されたい）

1) 身長発達との関係

- ① 垂直跳は、男女とも身長が大きくなるに従い、高くなるが、女子の場合145cm（8～9才）以後停滞傾向を示す。
- ② 全身反応時間は、身長が大きくなるとともに著明な短縮が認められるものの、男子は125cm、女子は130cmを過ぎると、その短縮傾向は、緩慢になるか、ほぼ停滞する。
- ③ 反応開始時間は全身反応時間の変動に一致するが、筋収縮時間は、わずかな短縮傾向が120cm前後迄、認められるものの、男女共、身長高にかかわりなく、ほぼ等しい値で定常となる。
- ④ 脚筋力は男女共、身長が大きくなるに従い、増強するが、女子は140cmから150cm以後増強程度が減少する。
- ⑤ 単位面積当たりの筋力は、身長が大きくなるにつれ、男女共増強するが、女子は135cmを過ぎると停滞、さらには減少の傾向。
- ⑥ 単位筋収縮時間当たりの筋力は、男女共、身長が大きくなるに従い増大する。特に135cm以後の増大は大きい。しかし女子は155cmから低下傾向を示した。

2) 身長高と各機能の関係

- ① 垂直跳と全身反応時間の関係は、身長が小さい時期に相関が認められ、身長が大きくな

るとこの相関は消失していく。しかし135cm前後から再び相関が認められるようになる。

- ② 垂直跳と筋収縮時間の関係は女子は135cm～159cm、男子は140cm～144cmの身長グループから相関が認められた。
- ③ 垂直跳と脚筋力との関係は、男子が130cm～134cm、女子が135cm～139cmの身長グループから相関関係が認められる。
- ④ 垂直跳と脚筋力／筋収縮時間との関係は、男女共135cm～139cmの身長グループから相関関係が認められるようになる。

以上のことから、第一発育急進の中間発育急進から第二発育急進期に突入する直前あたりにその関係が見られる、すなわち垂直跳びの大小には必ずしも形態的発育の大小が要因としてあまり関与しないように思われる。この時期においてはむしろ垂直跳の大小は、筋収縮時間に依存する傾向をうかがうことが出来る。このことはこの時期にしだいに脚筋力／筋収縮時間（パワーのIndex）が大きくなること、特に筋収縮時間の短縮におうところが多いように思われる。筋収縮時間の短縮ということは、生理的にみれば、シナプスの疎通が良く、速い筋収縮速度を持っているということであり、組織学的にみれば、筋肉におけるfast muscle群の分布地が大きくなりつつあるというように考えられる。ところでこれらの生物学的条件といえる事柄は、発育期の生活条件（スポーツ的にいうならばトレーニング条件）によって変化するものか、また先天的条件がこの時期に発現を見てくるのかは、今までの此の方面の研究からは必ずしも明らかではない。しかし、本研究にみられるように、一定の身体的感覚をみる段階ではほぼ跳能力（垂直跳と限定的であるが）の決定要素とみられることはたしかである。

自然あるいは、経験による発達に、資質が加味され、加速化したのが実際に表現されるヒトの動的機能である。それが、本研究結果からすると、第二発育急進直前に示されたことは重視されるべきことであろう。この結果からすれば、跳能力に関する限り、すでに、第二次性徴期に入る前に、ある程度その能力を判定し得ることを意味しているからである。

(2) 跳躍競技者のパワーから見た身体特性

(金原グループ)

過去および現在の優れた跳躍能力を発揮している日本人選手の各面からの体力測定結果を資料に、跳躍競技者の身についているパワーから見た、跳躍競技者の身体特性を解明しようとした。

1) 跳躍選手のパワーから見た身体の形態（長さおよび長さの割合、太さ等）特性について。

- ① 身体各部位の長さでは、跳躍群は短距離群とほぼ同じ水準にあり、投てき群より小さく、中長距離群より大きい。
- ② 身体各部位の長さの割合では、跳躍群と他の群との間には差は認められない。しかし、跳躍群を個人別に吟味すると、身長に対して上肢長の長い選手は棒高跳、走高跳を、身長に対して下肢長の長い選手は走高跳を、下肢長に対して下腿長の長い選手は走歩跳を専門種目にしている傾向がある。

- ③ 身体各部位の太さでは、跳躍群は短距離群とほぼ同じ水準にあり、投てき群より小さく、中長距離群より大きい。

- ④ 体脂肪率は投てき群が最も大きく、短距離群、跳躍群は大きくはないが、中長距離群よりは大きい。

2) 跳躍選手のパワーから見た身体の機能（筋力、単位体重当たり筋力、全身反応時間、ステッピング、サイドステップ、等）特性について。

- ① 屈腕力・握力では、跳躍群は短距離群とほぼ同じ水準にあり、背筋力・膝伸展力（スウェイイング型）・膝伸展力（ピストン型）では短距離群よりすぐれている。いずれも投てき群より小さく、中長距離群より大きい。

- ② 単位体重当たりでとらえた背筋力・膝伸展力（スウェイイング型）・膝伸展力（ピストン型）では、跳躍群は投てき群とほぼ同じ水準で、他の2群より大きい。

- ③ 跳躍群は短距離群に比べて、膝伸展力（ピストン型）にすぐれているが、股関節伸展力（スウェイイング型）には差が認められない。

- ④ 全身反応時間では、跳躍群と他の3群との間に差は認められない。

- ⑤ ステッピング・サイドステップでは、跳躍

群は短距離・投てき群とともに、中長距離群よりすぐれている。

3) 跳躍選手のパワーから見た身体の機能特性、特に出力パワー特性 (Isometric, Concentric Eccentric 等の筋収縮における) について。

- ① 力の立ち上がりの優劣を示す係数 F_n では、各群に差がなく跳躍群に特有の傾向は認められない。

- ② 単位体重当たりの瞬発的に出し得る膝伸展力（ピストン型）の最高水準を示す係数 fm/W では、跳躍群は投てき群とともに短距離群、中長距離群より大きい。

- ③ 瞬発的に出し得る膝伸展力（ピストン型）の1秒目の力を膝伸展力（ピストン型）の最大値で除した値では、跳躍群は短距離・投てき群とほぼ同じで、中長距離群より高い。

- ④ ①・②・③の結果を総合すると、瞬発的に出し得る膝伸展力（ピストン型）（静的な出力パワー）では、跳躍群は投てき群とともに最もすぐれている。

- ⑤ Eccentric な筋収縮による出力パワーおよび Concentric な筋収縮によるロギア型の出力パワーでは、跳躍選手は投てき選手とともに他の2群よりすぐれている。

- ⑥ Concentric な筋収縮によるハイギア型の出力パワーでは、跳躍群は短距離群より劣るが、他の2群よりはすぐれている傾向がある。

4) 跳躍競技者の適性診断とその吟味

以上の測定結果に見られる跳躍競技者の特性の考察からその適性診断および、適性吟味更にトレーニングへの関連を次のように示唆することができよう。

- ① 跳躍種目では、一般に長身者が、特に走高跳では長身者が有利である。

- ② 身体各部位の長さに着目すると、棒高跳では身長に対して上肢の長い形態が、走高跳では身長に対して上肢および下肢が長く、下肢長に対していくらか大腿長の長い形態が、走高跳を除く他の種目では下肢長に対していくらか膝から下の長い形態が有利になろう。

- ③ いずれの跳躍種目においても、体脂肪の少

ないことが有利になる。

- ④ いずれの跳躍種目においても、膝を伸展するのに働く大腿四頭筋、上体の姿勢を保持するのに働く背および腹部の筋群が特に発達していることが有利になる。
- ⑤ 棒高跳では上肢の筋群が、走高跳を除く他の種目では、下肢全体を後方にスウイングするのに働く臀部の筋群、および大腿二頭筋が特に発達していることが有利になる。
- ⑥ いずれの跳躍種目においても、各種目で使われる主働く筋群・・・にすぐれているのみでなく、単位体重当りでとらえた筋力にもすぐれていることが有利になる。
- ⑦ いずれの跳躍種目においても、背および腹部の筋群が Isometric な収縮での瞬発的な力の発揮（静的出力パワー）にすぐれていること、膝を伸展するのに働く筋群が Concentric な筋収縮におけるローギャー型の出力パワーおよび Eccentric な筋収縮における出力パワーにすぐれていることが有利になろう。
- ⑧ 棒高跳では上肢の筋群が Concentric な筋収縮におけるローギャー型の出力パワーにもすぐれていること、走高跳を除く他の種目では、下肢全体を後方スウイングするのに働く筋群が Concentric な筋収縮におけるハイギヤー型の出力パワーにもすぐれていることが有利になろう。
- ⑨ 跳躍各種目に要求されるパワーを効果的に高めるには、それぞれの種目の動き、動きに内在する筋収縮の種類、動きに要求される力の大きさ、などに着目して各種の筋力トレーニングを含めたパワートレーニング手段を体系的に準備し、トレーニングに計画的に取り入れていく必要がある。

■ 走り高とびに関するもの

走り高とびの動作は、それ自体一連の動きおよび動きの変化として考えられるべきであるが、今まで指導の場は勿論、その動作の研究にあっても、大きく助走、踏切、空中の三つの動作に分けて考えられてきた。本研究においては必ずしもこうした明瞭な区分のもとに研究を進めるという意

図はなかったが、金原グループでは効果的な踏切をねらっての助走から踏切への移行動作についての実験的こころみを、宮下グループは踏切り足の接地の瞬間からその足の地面からの離脱までの踏切り動作の分析を、松井グループは助走速度と踏切りによって生ずる垂直速度との速度変換の関係、およびバーを越える際の空中姿勢について、最も高いバーを越すための要件を究明し、それぞれ次のような結果を得た。

(1) 走り高とびにおける助走・踏切準備に関する実験的研究（金原グループ）

優れた走り高とび選手に見られる効果的な踏切の要点は、助走のリズムと踏切準備局面の身体の動き（踏切に入る前の身体の動き）にあるといえる。本研究はこの条件を特に一流外国選手の踏切準備局面に見られる腰沈めの動作の実験的試みから、それを内容とする踏切技術およびその技術のトレーニング過程を明らかにしようとしたものであり、次のような技術の要点とそのトレーニングの示唆を得た。

① 腰沈めは踏切り 2 歩前から始めるのが最も有効であり、踏切り 1 歩前からでは折角の助走速度の大きな低下を導く、腰沈めは可能なかぎり深い方が良い。腰沈めを深くすることは踏切に移った瞬間の後傾角を大きくし、反対に踏込角を小さくし、踏切足が着地した瞬間の身体重心の高さを低くすることができる。踏切における垂直方向へのスピードは、踏切時における踏切足の接地から離地までの重心高の垂直移動距離と、その時間の比で決まるから、踏切りに入る瞬間の重心高の低いことは踏切りとしては効果的条件として重要な点である。

この腰沈めを深くするためのトレーニングには、疾走中に腰を著しく低くした疾走をはさむような特別トレーニングから始めるとともに、助走からの踏切りトレーニングにあたって、踏切りに移るときの踏切足の動きに意を用いたトレーニングが効果的である。（用語およびトレーニング示唆の細部については本論文を参照されたい）

(2) 走り高とびの踏切り動作分析（宮下グループ）

本研究は踏切における能力発揮の経過をその踏

切フォームから解析しようとしたものであり、具体的には、踏切直前から直後まで（踏切足の着地直前から離地直後まで）の踏切り動作につき、その間の重心の軌跡、膝関節、足関節の角度変化、重心と地面とのなす角度変化から分析を進めた。なお対象は問題点を明らかにすることから一流ジャンパーと非競技者とした。

分析の結果は競技者と非競技者間のみならず、競技者の試技毎においてもかなりの相違点が見られ、筋力発揮と総体的フォームの間に特定な法則性を見出すことが出来ず、その間の個別的事態を明かにするにとどまった。

(3) 走り高とびの踏切りにおける速度変換および背面とびの空中動作について（松井グループ）

走り高とびで優れた記録を生むための要件とされている、①重心を高くあげることと、②バーの有利な越し方について、前者を試合中の助走からの踏切りにおける速度の変換から、後者を背面とびの空中動作の解析から、それぞれ検討した。

結果の要点は以下のとくである。

1) 男子走り高とび選手の2.0～2.19mまで跳躍した際の13例、女子選手1.60～1.73mまで跳躍した13例についての踏切りによる、助走水平スピードから、高く跳ぶ垂直スピードへの変換では、踏切り一步前の助走速度は男子の2例を除き男女ともほとんど等しかった。しかし、踏切り直後の垂直初速度では、総計的有意とはいえないが明かに高い跳躍記録を示した者ほど大きな初速度を得ていた。また、個人についてみた場合も跳躍記録が高まるにしたがって、助走スピードに関係なくその垂直初速度の大きくなる傾向がみられた。この結果は走り高とびにおける助走スピードは直接跳躍高に関係をもつものではなく、跳躍高は助走スピードを踏切りによりいかに大きな垂直スピードに変換するかにかかっているといえる。今日走り高とびでの指導に高い垂直スピードを得ることの条件として、助走スピードの増加を指導する向きがあるが、本研究にみられるように6.00～7.00m/secの助走スピードの範囲であればそれ以上の助走スピードの増加は、個人差もあるがほとんどの場合高くとぶことについての直接要素とはならないといえる。

しかし、このことは、反面本研究でみられた、一定以上の助走スピードを高い垂直スピードとして利用し得る踏切り動作の出来ていないことにもなり、そうみた場合は大きな助走スピード利用の踏切りが課題となる。

2) 背面とびにおける空中動作について

横木を効果的に越すためにまず重心が最高点に達した時のフォームと重心位置から身体下辺部までの垂直距離を検討した。その結果、立高とびの被検者で充分な後屈がみられる例では重心より身体下辺部が上方3.2cmの位置にあり、最も劣る例では重心より8.9cmほど下方に身体下辺部があった。このことから、最高点のフォームの違いによって、10cm以上の差が生じると考えられる。

空中で横木を越える際の重心のコースと身体下辺部のコースについてみると両者のパターンが異なる場合とほぼ一致する場合がみられた。両者のパターンが異なる場合の特徴は、バーの上に重心が最も高く上った時点まで上体を後屈させてアーチを作ったあと、重心が落下を始めると首や股関節を前屈させ、下肢を横木に触れないようにする動きである。両者のパターンが一致する場合には重心が落下する際の動きがわざかであった。

このバーの上でみられる後屈のアーチや、重心の落下に伴っての前屈、また、それ以前の下肢と上体との相対的な動きは、緊張性頸反射にもとづく反射動作と下肢を上体のほうへ回す反作用等による動きで、それ等により下肢がバーに触れないで越えている。

以上、本研究班のグループ別研究結果の概要を記載したが、残念ながら、跳躍力の技術的開発およびそのトレーニング方法等について研究班としてまとまった結論を得るに至らなかったが、二年次に渡っての各グループ毎の研究成果は、ほぼそれぞれ本研究の目的に答えられる内容や、示唆をもったものといえる。

最後に研究期間や予算の関係から取扱う範囲を限定せざるを得なかったが、これを跳躍能力に関する研究の第1部とし、折角問題の視点や解析方法等についての新しい開発の見られつつあることから、引続いての本課題による研究を強く希望することを付言したい。

I 走り高跳の踏み切りの動作分析

小島 武次
(東京大学教育学部)

足立 長彦
(東京大学教養学部)

宮下 充正
(東京大学教育学部)

一連の走り高跳の諸動作は、(1)助走(2)踏み切り動作(3)空中動作の三つに大きく分けられる。踏み切り動作は、筋自体の化学的エネルギー及び位置エネルギーを垂直方向への運動エネルギーに変換することと、助走による水平方向の運動エネルギーを垂直方向に変換することを目的とするものである。走り高跳の跳躍高は、踏み切り直後の垂直方向への速度の大小によってほぼ決定されてしまうために、踏み切り動作の良し悪しが、走り高跳で高く跳ぶということに多大な影響を及ぼす。

本研究は、走り高跳の合理的な踏み切り動作を解明するために、その第一歩として、踏み切り動作の実態を主に脚の動きの面から把握する目的で行なわれた。

実験方法

走り高跳(背面跳)の踏み切り動作を各々異った方向からの3台の高速高16mm映画カメラで撮影し、その映画フィルムによって動作の分析を行った。走り高跳の踏み切り動作において最も重要な役割を受持つ踏み切り脚の動きを中心にし、膝・足関節の屈伸、身体重心の軌跡及びそれらの相互関係等を分析項目とした。

(1) 被検者

走り高跳を専門とする競技者1名と東京大学教育学部体育学研究室の学生2名。いずれも健康な成人男子である。内1名は中学時代にペリーロールで165cmクリアした経験があり、他の1名は大学時代、体操部に所属しており、一般人より跳躍能力は高いと考えられる。彼等2名は背面跳は未経験のため、当日競技者の助言により練習を行い試技に臨んだ。被検者の特性を表1に示す。

表1 被検者の特性

被検者	年令	身長(cm)	体重(kg)	記録(cm)	その他
A	30	178.5	73.0	215	走り高跳競技者
T	22	167.0	55.0	165	
Y	28	171.5	62.0		元体操選手

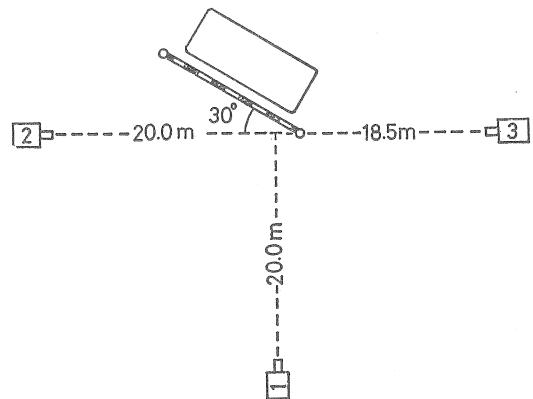


図1

(2) 撮影条件

地上各90°、180°、レンズの高さ約1.2mに位置した3台の高速度16mm映画カメラ(フォトソニックス16-1P、フォトソニックス社製)を用い、踏み切り動作を同時撮影した。カメラの位置関係を図1に示す。撮影コマ数は300コマ毎秒で、シャッタースピードは1/900~1/1,200秒である。動作時間はフィルムのコマ数から求めた。撮影中に各カメラの画面に入る位置でフラッシュを焚き、各画面の同期マークとした。

(3) フィルム分析

フィルム分析は、ナック社製のフィルムモーシ

ヨンアナライザーを用いて各コマ毎に行った。計測部位は松井⁵⁾の方式による身体重心算出のための20部位及び膝、足関節角度算出のための左脚の大転子上端部、外側上顆の下端から約1cm上の部位、外果中央、第一中足骨頭の4部位の合計24部位である。これらの計測部位値から膝関節角度、足関節角度、身体重心の位置、大腿と下腿がつくる面が地面となす角度、その面内での大腿の水平面となす角度、身体重心と足関節中央部の距離及びそれらのなす角度等を算出した。

カメラ1による画面については、重心算出のため身体に付けたマーク20個全では直接見えず、見えない点については推定して計測した。カメラ2による画面についても、全では見えないとということについては同様であるが、カメラ3によってそれらを補った。

速度値は計測、又は算出した距離値に基づきバイ・アイで距離曲線を求め、それを微分することにより求めた。

分析対象はAについては2試技(A1, A2とする)であり、TとYについては各1試技(T1, Y1とする)である。A1については着地前6コマから、他は着地前5コマから、Y1については離地直前のコマまで、他については離地後1コマまで計測を行った。

(4) 日 時、場 所

1975年7月1日、東京大学教養学部陸上競技場(尚、資料の一部は1974年11月同場所で行なわれた実験によっている。実験内容については、今回のものに加え、跳躍動作の際にテレメーターにより踏み切り脚の数箇所から表面電極を用いてEMGを導出している)

結 果

各被検者は6~7回の試技を行った。T, Yについては、各々唯一の高さ140cmクリアの試技及びAについては190cmクリア(A1), 195cm失敗(A2)の試技を分析の対象とした。

各試技の膝関節角度、足関節角度、地面からの身体重心の高さを図2に示す。

膝、足関節は着地後短時間やや伸展されるか、

あるいは維持され屈曲に移っていく。身体重心は着地後やや下降するが、両関節が屈曲開始直後に上昇を始め、上昇速度を増していく。次に膝関節の伸展が開始され、ほぼ同時かやや遅れて足関節の伸展が行われる。離地直前には伸展速度はやや小さくなり、身体重心の上昇速度もやや減少して離地に移る。

〔膝関節の屈伸〕Aは他と比較し、膝関節がより伸展した状態で着地し、浅い屈曲とそれに続く伸展を短時間に行っている。T1は着地から屈曲して伸展に移るまでの時間が長いことと、屈曲の深いことが特徴的であり、伸展速度はAに近い値をとっている。

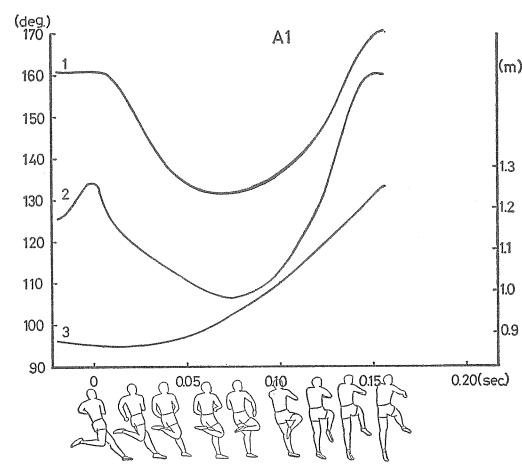


図 2-1

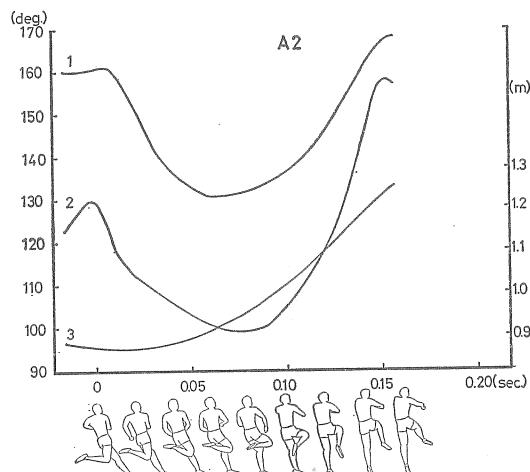


図 2-2

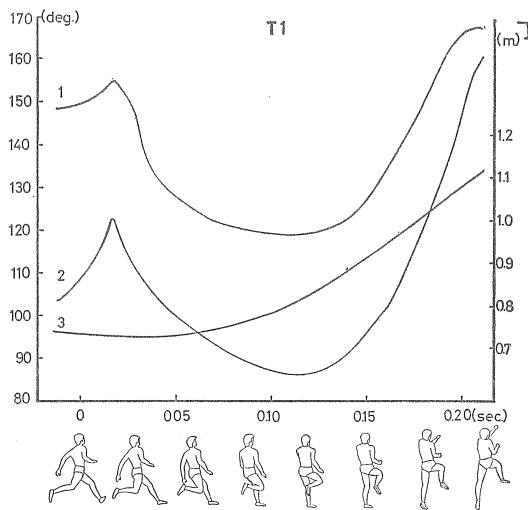


図 2-3

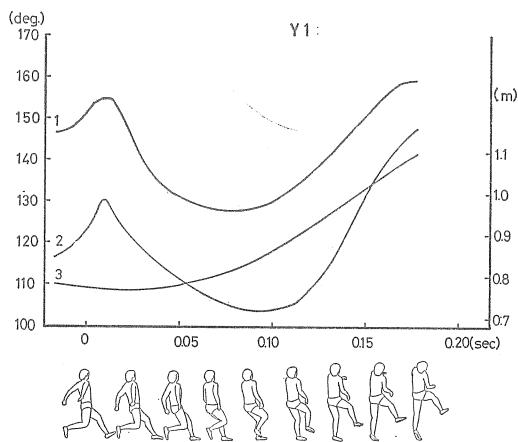


図 2-4

膝、足関節角度変化、身体重心高の変化（垂直方向）縦軸：関節角度、地面からの身体重心高、横軸：時間 足が着地した時刻を 0 とする。以下の図でも同様、1：膝関節 2：足関節 3：身体重心高 跳躍フォームはカメラ 3 による。

〔足関節の屈伸〕 T は他と比較して長時間で屈曲を行っているのがみられる。伸展速度は A がやや大きい。

〔膝、足関節の伸展時期〕 A2 と Y1 については、足関節の伸展が膝関節のそれよりも 12~3 msec 遅れて行なわれているのがみられる。A1 と T1 の場合は、その遅れは 3~4 msec である。

A1 と A2 膝関節に関しては、最深屈曲角度はほぼ等しいが、A2 の方が着地から伸展に移る

までの時間が短い。伸展速度は近似している。足関節については、A2 の方が深い屈曲を行っているが、伸展速度は近い値をとっている。

〔身体重心の高さ〕 A は着地時から離地時まで他

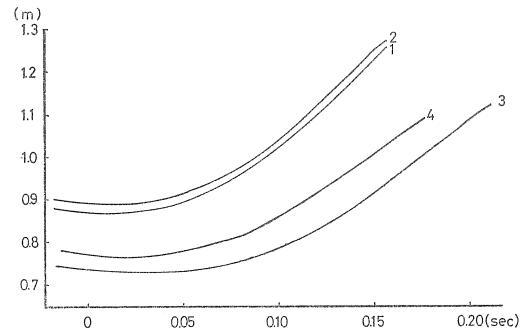


図 3 身体重心高の変化 縦軸：地面からの身体重心高 横軸：時間 1：A1 2：A2 3：T1 4：Y1

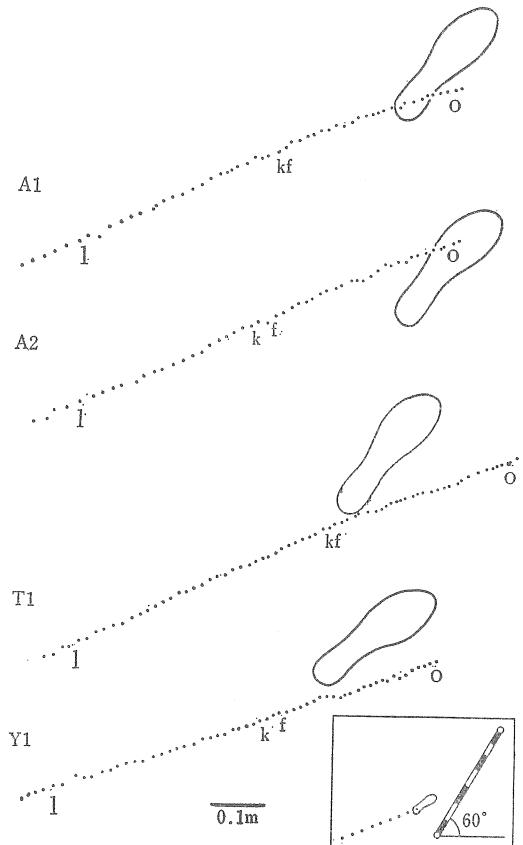


図 4 身体重心の軌跡の地面への投影 各点間の時間間隔は 1/300 秒 ℓ：着地 k：膝関節伸展開始 f：足関節伸展開始 o：離地

表 2 踏み切り前後の身体重心の速度及び速度比

	助走速度 (m)	(水平 成分) (m)	初速度 (m)	水平成分 (m)	垂直成分 (m)	初速度 助走速度	初速度(水) 助走速度(水)	初速度(垂) 助走速度(水)	跳躍角 (度)	離地時の身体 重心の高さ (m)
A 1	6.71	6.67	5.81	4.16	4.05	0.866	0.624	0.607	44.3	1.24
A 2	6.26	6.21	5.66	3.95	4.05	0.904	0.636	0.652	45.8	1.24
T 1	5.22	5.19	4.28	2.93	3.12	0.820	0.565	0.601	46.8	1.11
Y 1	5.77	5.70	4.78	3.70	3.03	0.828	0.649	0.532	39.3	1.09

表 3 身体重心の上昇速度

	膝伸展開始時 (m/sec)	0.033秒後 (m/sec)	0.066秒後 (m/sec)	最大速度 (m/sec)	離地時 (m/sec)	膝伸展開始時 離地時 (%)
A 1	2.13	3.51	4.32	4.41	4.05	52.6
A 2	2.10	3.35	4.29	4.38	4.05	51.9
T 1	2.10	3.30	3.60	3.60	3.12	67.3
Y 1	1.77	2.85	3.25	3.25	3.03	58.4

と比較して常に高く、これは身長比を考慮しても同様である。上昇速度については、Aは他と比較して高い値をとっている。A1とA2の身体重心の垂直方向の軌跡は非常によく似ている。(図3) 図ではA1とA2が重り合うのを避け、A2のものを実際より2cm高くしてある)

〔身体重心の平面上への投影〕着地から離地までの軌跡を図4に示した。足型は、着地後足の位置が固定されてから離地直前に足が回転を始める今までの足の位置を示す。Aの身体重心の軌跡は足の上を通過しているが、T、Yについては踵の後方を通過しており、その内でもYは踵からの距離がより長い。Tは足を通過後しばらくしてから離地しているのが特徴的である。A1とA2では、A1は足の中央より踵側に寄っており、A2はつま先側に寄っている。

身体重心の踏み切り前後の速度及びそれらの比を表2,3に示した。

着地後、身体は足関節を中心に回転運動を開始する。(回転半径の異なる微小回転の連続と考える。踏み切り後半に足関節の伸展により踵が地面を離れるまでは、回転の中心は足関節であり、その後はつま先の方へ移行していくが、後半についても、足関節を近似的に回転中心と見做す) 身体重心と下腿骨端中央部位とのなす角(重心角)を図5に示す。それらの距離(回転半径)を図6に示

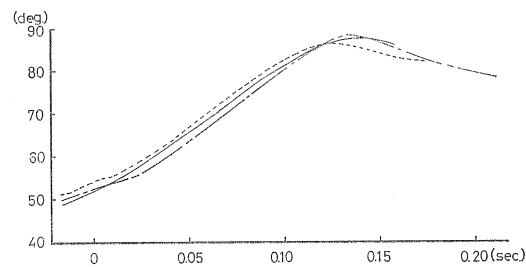


図 5-1

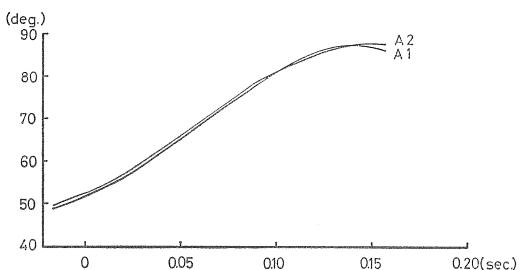


図 5-2 重心角度変化 縦軸: 重心角度 横軸: 時間 5-1 実線 A1, 一点鎖線 T1, 破線 Y1

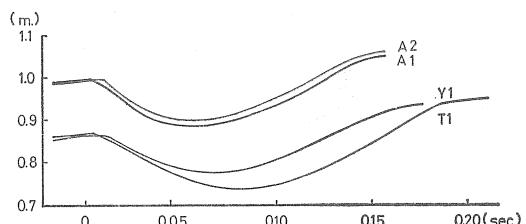


図 6 回転半径の変化 縦軸:回転半径 横軸:時間

す。重心角については、各試技は近似した値をとっており、回転半径についてはAが大きな値をとっている。これは身長を考慮しても同様である。

身体は、大腿の伸筋群の筋収縮により垂直方向への力を受ける。大腿の伸筋群が発揮する力の垂直方向成分は、大腿と下腿がつくる面と地面とがなす角度を θ_1 、その面内で大腿が水平面となす角度を θ_2 とすると、伸筋群により発揮された筋力の大股に垂直な成分に($\sin\theta_1 \times \cos\theta_2$)の値を乗ず

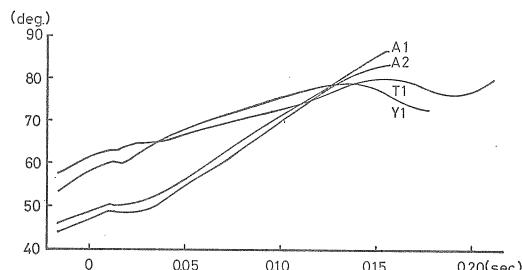


図 7 内傾角度変化 縦軸：内傾角度 横軸：時間

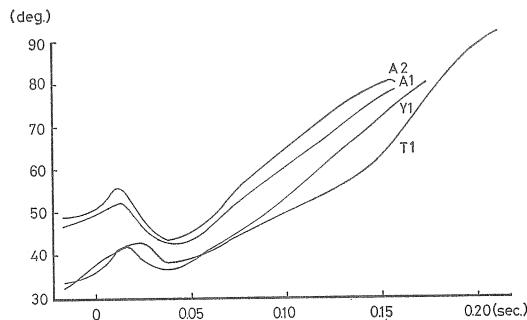


図 8 大腿角度変化 縦軸：大腿角度 横軸：時間

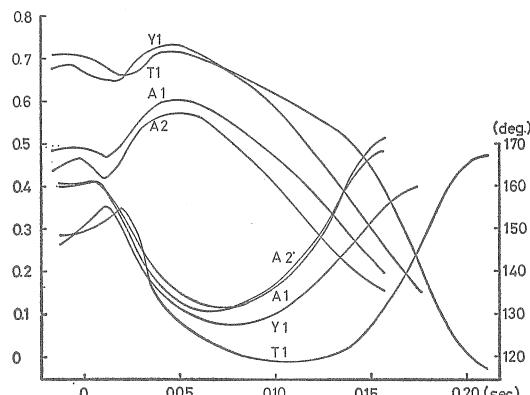


図 9 C 値（内傾角の正弦と大腿角の余弦を乗じた値）及び膝関節角度の変化 縦軸：C 値 膝関節角度 横軸：時間

ることにより得られる。大腿と下腿がつくる面と地面がなす角（内傾角）の角度を図7に示す。その面内で大腿が水平面となす角（大腿角）の角度を図8に示す。着地時、Aは他よりも深く内傾しており、大きな角速度をもって内傾を浅くしている。離地時にはむしろTやYよりも浅い角度である。大腿角は、踏み切りを通じてAが他よりも大きい。内傾角の正弦と大腿角の余弦を乗じたもの(C)はAが小さくなる(図9)が、膝関節伸展の時期の角度についてみると、その差は減少する。

考 察

走高跳の踏み切り動作は、着地から離地までが約0.15~0.20秒の間に行なわれてしまう瞬間の動作である。走り高跳を成功させるか否かは着地前の助走速度や、身体の後傾の度合、重心の高さ等のフォームなどが踏み切り中の筋力発揮及びその発揮の方向等を規定することによりある程度決定されてくる。しかしながら、踏み切中の筋力発揮も逆にフォームを規定することにより跳躍の成否にかかわってくると考えられる。つまり、それらは相互規定の関係にあり、一体のものとして考えられる。しかしながら現在の段階では、それらを一体として把えるには力不足の状態にあり、一応、筋力発揮の問題と、その筋力を有効に利用するフォームの問題とにある程度分離して考察をすすめる。

筋 力 発 挥

助走により水平速度を獲得した身体重心は着地直後に最低の位置に達し、以後、膝関節が屈曲するにもかかわらず、足関節を中心にして身体が回転を始めることにより上昇を開始する。そして膝関節が伸展を開始する時点では垂直方向に既に相当の速度を獲得している。離地時の上昇速度に対して、最小のAでもA1は52.6%，A2で51.9%，Tにおいては67.3%にも違している(表3)。回転による上昇速度に加えて膝及び足関節を伸展することにより、身体重心は更に大きな上向きの速度を獲得し、離地が行なわれる。

身体重心が最低の位置から膝伸展が行なわれる

までの時間はA1で約60msec, A2で約50msecであり、全踏み切り時間中の約1/3である。この短い時間内に最終速度の50%以上の速度の獲得が行なわれているわけで、この時期に大腿の伸筋群に大きな負荷がかかっていることは容易に考えられる事実である。

巨視的に捉えて、筋長の変化の方向と筋収縮による発揮筋力の関係は基本的に三つに分けられる。(1)筋が短くなりつつ筋収縮が行なわれる(2)筋長は変化せずに筋収縮が行なわれる(3)筋が長くなりつつ筋収縮が行なわれる。そして(3)の場合が一番大きい筋力発揮が可能であることがわかっている³⁾⁽⁶⁾。

踏み切りのこの時期は膝関節が屈曲する、つまり大腿の伸筋群が伸張される時期に当っており、このことが大きな負荷に耐えることを可能にしていると考えられる。

次に膝関節は伸展を開始し、連続して起こっている回転による身体重心の上昇を伴って、残り約50%の上昇速度を生み出す。CAVAGNA 達¹⁾⁽²⁾は、摘出筋において、刺激をしながら筋を一定の長さ、一定速度で伸張させた後同じ速さでその筋長から収縮させると、同じ筋長から単に同じ速さで収縮させた筋よりも大きな仕事をすること及び、伸張後短縮に移るまでの時間が短ければ短い程筋がなす仕事量は大きいこと、そして同様のことが人間の肘関節屈曲動作においても成り立つことを報告している。彼等は、一般的な日常動作やスポーツで反動動作として無意識に行なわれている事がらについて定量化を行ったのだが、その持つ意味は大きいと思われる。

助走により水平成分の速度を獲得した身体重心は、着地によりそのエネルギーを伸張されつつ収縮し大きな負荷に耐えている筋に受け渡し、そのエネルギーが筋の短縮と共に解放され重心の垂直方向への運動エネルギーにも一部変化していくと考えられる。つまり踏み切り動作では、いかに助走による運動エネルギーを、筋の位置、又は化学的エネルギーに効率よく変換し、それを筋の短縮の際に効率よく運動エネルギーに再変換できるかが問題となってくる。具体的には、着地後の膝及び足関節の屈曲時に十分に筋を収縮させることと、

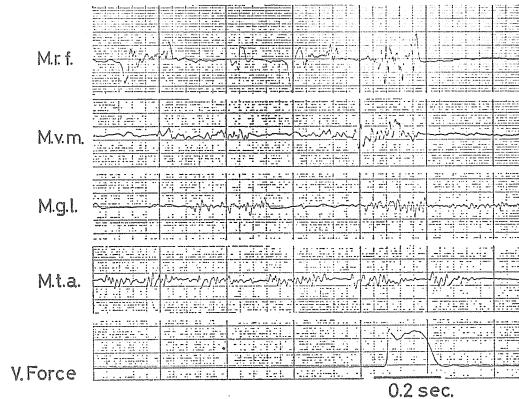


図10 跳躍の筋電図 表面電極法で下肢筋群から導出 r.f.: 大腿直筋 v.m.: 内側広筋 g.l.: 腓腹筋外側 t.a.: 前脛骨筋 v.Force : 踏切り際の圧力板からの反力を垂直成分

屈曲後はすみやかに伸展に移ることであると考えられる。

1974年11月に行った実験でのAの踏み切り脚から導出した筋電図を図10に示す。ここでは膝関節伸展を行う筋群から代表的な大腿直筋(r.f.)、内側広筋(v.m.)、足関節伸展を行う筋群から腓腹筋外側(g.l.)、足関節屈曲を行う筋群から前脛骨筋(t.a.)からの筋電図が図示されている。筋電図は踏み切り一歩前からのものであり、踏み切り時点は、一番下の、圧力板を用いて測定した垂直方向の力曲線からみることができる。

踏み切りのかなり前からv.m.は働き始め、膝関節屈曲中も働き続け、伸展の途中から、二関節筋でありv.m.よりも速筋であるとされているr.f.にその働きの多くを受け渡しているように見える。r.f.は接地直前から働き始め、r.m.より遅れて働きが弱まるが、g.l.は引き続き働いて足関節の伸展を行っている。t.a.は着地時の足関節固定、及び離地時の足関節伸展防御のために働いていると考えられる。このように、膝、足両関節で屈曲中にも伸筋は強い収縮を続けており、CAVAGNA 達の報告した、短縮前の伸張されながらの収縮が、引き続く短縮の効率を高めるという現象と同様のことが行なわれていることを裏づけていると考えられる。

各試技を比較すると、Aは他よりも屈曲角度が

浅く、屈曲から伸展への移行時間が短い。それとは反対に、Tは屈曲角度が深く、移行時間が長い。CAVAGNAの報告に基づけば、Aは屈曲から伸展へのすみやかな移行によって効率の良いエネルギー変換を推測させるが、Tにおいては、助走によるエネルギーはA程効率よく利用されていないと思われる。膝関節伸展後の上昇速度増加はAに比べてTは約15%低い(表3)ということは、このことを裏づけていると考えられる。

関節の屈曲の深浅と筋力の関係が前報で金原達⁴⁾によって論じられている。それによれば、膝伸展力は膝関節角度が約140°～150°で最大となり、約130°より小さくなると著しく低下するとされている。又、足関節については、100°～150°の範囲では角度が小さくなるにつれて一般に筋力は大きくなる。今回の試技についてみると、膝関節に関してはA、Yは適度な屈曲角度であり、Tは屈曲し過ぎ、足関節についても同様のことが考えられる。

膝関節と足関節の伸展時期のずれについては金原達⁴⁾が、足関節の伸展力が膝関節の伸展力よりも弱いことからネックになり得るとし、位相ずれが有る方が良いとしている。足関節伸展で主な働きをする腓腹筋は速筋であるということ及び、より大きな屈曲による筋の伸張を利用するこも合せ考えれば、足関節の伸展を遅らせるということは大きな意味があるように思える。

フォーム

足関節を中心とした身体重心の回転については、回転の面が地面と垂直に近い程、回転による垂直方向速度獲得の効率が良いと考える。この点に関しては、AはT、Yに対して効率が良いと考えられる(図4)。

大腿での上向き成分は、AはT、Yと較べて5～10%低い値をとっている。単に力学的な観点からは、このAのフォームは効率が低いものと考えられる。しかしながら、Aがより速い上昇速度を獲得したことを考え合せるならば、AとT、Yの比較では、上昇速度の大小には筋力発揮の問題が単なる大腿角、内傾角に関するフォームの力学的効率よりもより大きく関係していると考えられる。

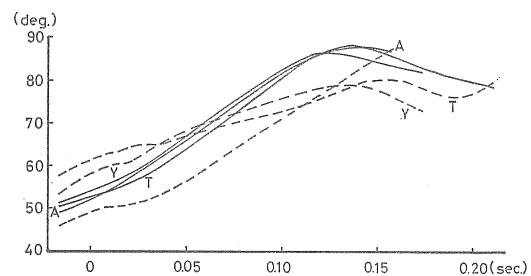


図11 内傾角度、重心角度の変化 縦軸：内傾角度、重心角度 横軸：時間 実線：重心角度 破線：内傾角度

背面跳の特徴の一つに、曲線を描いた助走とそれに伴う内傾動作が挙げられる。速い助走では困難な深い後傾を、その内傾で補うものと考えられている。先に述べた内傾角は、この内傾の度合をある程度代表していると考えられるので、その値に基づき、内傾について気がついたことを付け加えたい。

内傾角度と重心角度を同一の図上に表わしたもののが図11である。Aは他と異なり、両角度曲線がほぼ平行である。つまり、身体重心の回転面と内傾に関する回転面がほぼ一致していることになる。図2の跳躍フォームでもみてとれるように踏み切り脚を外旋させた内傾フォームは、TやYの踏み切り脚の矢状面が重心の回転方向とほぼ等しいフォームと比較した場合、身体重心の回転の方向と膝、足両関節の屈伸方向が異なることにより、着地の衝撃による過度な屈曲を避けることが可能であることが考えられる。

筋力発揮の項で、膝関節の屈曲から伸展へのすみやかな移行が重要であることを述べたが、移行のはやさは伸筋群の筋力の大小と緊密な関係にあることも事実であろう。というよりもむしろ、踏み切り動作中の筋力発揮にどの程度技術の問題の介入の余地があるのか否かが疑問となる。すみやかな移行という問題一つをとってみても筋力と技術に関する問題は全く未解決の状態にあると思える。

まとめ

走り高跳の踏み切り動作を高速度映画カメラで撮影し、そのフィルムによって分析を行った。筋

力発揮及びフォームについて実態を知ることを主に分析を行った。その結果、競技者と非競技者とでは様々な点で相違がみられたが、筋力と技術（筋力発揮の方法、総体的なフォーム）の問題の解決には遠く、一層の努力が必要である。

文 献

- 1) CAVAGNA, G.A. et al. : Effect of negative work on the amount of positive work performed by an isolated muscle. *J. Appl. Physiol.*, 157-158, 1965
- 2) CAVAGNA, G.A. et al. : Positive work done by a previously stretched muscle. *J. Appl. Physiol.*, 21-32, 1968
- 3) Doss, W.S. et. al. : A comparison of concentric, eccentric, and isometric strength of elbow flexors. *J. Appl. Physiol.*, 351-353, 1965
- 4) 金原勇他：走高跳の踏み切りにおける身体各部位の使い方に関する基礎的研究 昭和48年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告 No. VI 跳能力の向上—第1次研究報告— 日本体育協会 1973
- 5) 松井秀治：運動と身体の重心 体育の科学社, 1958
- 6) SINGH, M. et al. : Isotonic and isometric forces of forearm flexors and extensors. *J. Appl. Physiol.*, 1435-1437, 1966

II 走り高とびの踏み切りにおける速度変換

松井秀治
(名古屋大学)

三浦望慶
(名古屋大学)

小栗達也
(豊田高専)

袖山紘
(金城学院大学)

丸山吉五郎
(法政大学)

小掛照二
(日本陸連)

I 緒言

走り高とびで高くとぶためには、大別して身体重心を高く上げることと、横木の有利な越し方をすることの二つの要因があり¹⁾、これらの要因のうち、成功する高さの90%は身体重心を高く上げることであると指摘されている¹⁾。

身体重心を高く上げることは、助走によって生み出された水平方向のスピード(運動量)を踏み切りによって、垂直方向のスピード(運動量)に変換することである⁵⁾。現在の競技会ではペリーロールと背面とびがみられ、その大部分が背面とびであり、このとび方は速い助走スピードを利用することがその特徴であるとされている。ことに、我国の選手は外国選手に比べ、長い助走距離を利用している場合が多いことから、現在の走り高とびがスピード化したという印象が持たれています。

しかし、現実には速い助走スピードを利用して記録の向上に直接結びつかない例も見られる。勿論、それらは競技者の個性や能力を背景としてのものであろうが、世界的水準の跳躍を志向するためには、改めて走り高とびの踏み切りを、踏み切りの目標にそって検討することは現状からは欠くことのできない要件と思われる。

これまでの踏み切りに関する研究の多くは、キック力²⁾³⁾や踏み切りにおけるからだの動き⁵⁾を中心としたものであるが、ここでは純粋に踏み切りをスピードの変換として検討してみた。すなわち、具体的には実際の試合で助走スピードが踏み切りでどの程度垂直方向のスピードに変換されて

いるかについて、ペリーロールと背面とびについて検討しようとした。

II 研究方法

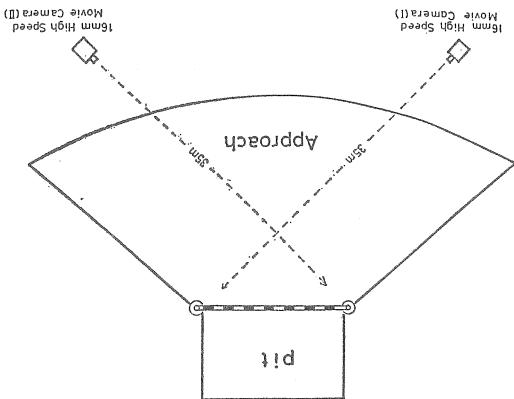
実験1 走り高とびの踏み切りにおける速度変換について:走り高とびの助走スピードが踏み切りでどのように変換されるかを検討するには、被検者である走り高とび選手が最も高い performance を発揮できる状態での試技をとらえ、分析する必要がある。そのため、走り高とびの試合中における試技を 16mm 高速度映画撮影し、そのフィルムを解析した。

撮影を行なった試合は1974年3月24日、愛知県体育館で開催された1974年国際室内跳躍競技会名古屋大会である。

被検者は上記大会に参加した走り高とびに 2m 29 の最高記録を持つ元世界記録保持者を含む男子走り高とび選手 4 名と女子 7 名の走り高とび選手である。これらの選手は、男子ではいずれも 2m 以上、女子では 1m70 以上の公式記録を持っていいる一流選手である。

撮影は図1に示すように、選手の踏み切り動作を側面から撮影できる左右の位置に、それぞれ 1 台ずつ、DB ミリケン 55 16mm 高速度映画撮影機をセットした。砂場に向って右側の撮影機は左側から助走して跳躍する選手を撮影するためである。

両方のカメラは 50mm の望遠レンズを用い、撮影コマ数は毎秒 50 コマ、シャッタースピード 1/100 秒、f・2.2 で撮影した。撮影した試技は男子では 2m 以上、女子では 1m60 以上である。これらのうち解析を行なったのは各々の高さで成功した試



図Ⅱ-1 走り高とび撮影条件

技だけである。

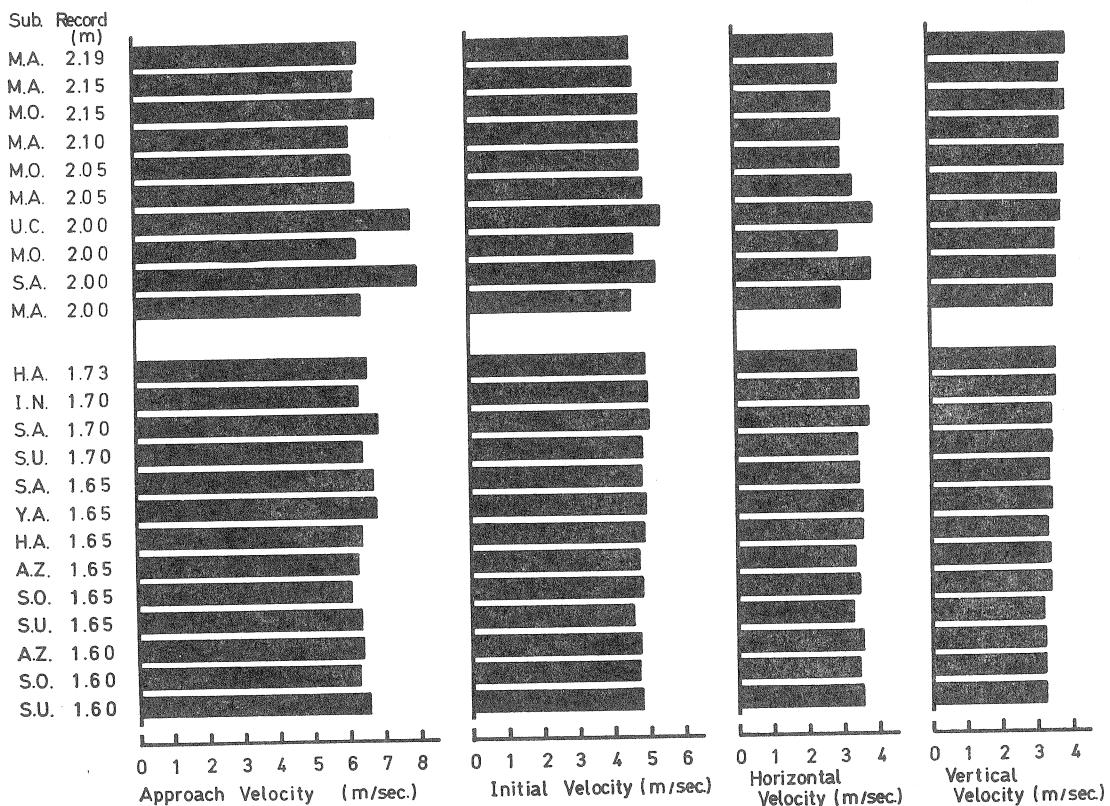
フィルムの解析は NAC フィルムモーションアナライザーを用いて行なった。画面上の選手の移動距離と時間より、助走速度（踏み切り一歩前の平均速度）、初速度、水平方向初速度、垂直方向

初速度、跳躍角などを求めたが、これらはいずれも被検者の腰の移動速度である。この他、踏み切りでの後傾角度、振上脚の角度及び踏み切り一步前の歩幅をフィルム上より計測した。

フィルム上の距離を実際の距離に換算するための倍率は、横木に描かれている白黒のマークとスタンドに印したマークから求めた。また、動作時間はフィルムのコマ数より求めたが、コマ送りの速さは A.C.、パルスジェネレーターによってパルスをフィルムの端に写し込み、それをもとに較正した。

III 結果と考察

表1は走り高とびの試合中に行なわれた試技についての分析結果を示した。図2は表1をもとに助走速度、跳躍初速度、水平初速度及び垂直初速度を示した。跳躍記録は男子では 2 m00 から 2 m19まで、女子ではか 1 m60 らま 1 m73までの範囲で



図Ⅱ-2 跳躍の高さと助走速度、初速度、水平初速度及び垂直初速度

表1 走り高とび分析結果
(B) ベリーロール(F)背面とび

男子被験者	記録	助走速度	初速度	水平初速度 m/s	垂直初速度 m/s	跳躍角 度	踏切時間 sec	垂直初速度×100 %	助走速度 %	後傾度 %	振上脚角度 度	踏切1歩前 幅 m
1 MA (B)	200	6.44	4.59	3.00	3.48	49.10	0.22	54.0	51.4	91.7	—	2.38
2 SA (F)	200	8.06	5.28	3.87	3.60	43.00	0.20	44.7	47.3	74.3	—	2.11
3 MO (B)	200	6.30	4.60	2.91	3.56	50.40	0.18	56.5	49.3	109.9	—	2.01
4 UC (F)	200	7.89	5.41	3.90	3.75	43.50	0.14	47.5	53.0	72.4	—	2.19
5 MA (B)	205	6.30	4.96	3.32	3.69	48.00	0.22	58.6	55.4	80.4	—	2.32
6 MO (B)	205	6.22	4.86	2.98	3.84	52.10	0.22	61.7	52.1	98.8	—	2.09
7 MA (B)	210	6.14	4.83	3.07	3.73	50.30	0.20	60.8	58.5	78.8	—	2.42
8 MO (B)	210	6.92	4.82	2.85	3.89	53.50	0.20	56.2	55.5	92.1	—	2.07
9 MA (B)	215	6.23	4.78	2.96	3.76	51.50	0.22	60.4	54.7	82.4	—	2.44
10 MA (B)	219	6.28	4.87	2.87	3.92	53.10	0.24	62.4	52.1	83.4	—	—
平均 S	—	6.68	4.90	3.18	3.72	49.37	0.20	56.3	52.9	86.4	—	2.23
標準差 D	—	0.68	0.25	0.38	0.13	3.52	0.03	5.71	3.09	11.1	—	0.16
女子												
1 SU (F)	160	6.57	4.76	3.51	3.22	42.30	0.20	49.0	57.0	83.5	—	1.81
2 SO (F)	160	6.27	4.71	3.44	3.22	43.10	0.16	51.4	58.9	72.3	—	2.29
3 AZ (F)	160	6.42	4.79	3.55	3.22	42.10	0.16	50.2	58.7	80.2	—	1.92
4 SU (F)	165	6.38	4.53	3.27	3.14	43.50	0.16	49.2	60.3	71.5	—	1.86
5 SO (F)	165	6.06	4.83	3.46	3.38	44.20	0.16	55.8	60.0	61.2	—	1.87
6 AZ (F)	165	6.25	4.71	3.31	3.36	45.30	0.16	53.8	56.4	75.5	—	2.02
7 HA (F)	165	6.37	4.86	3.57	3.31	42.50	0.20	52.0	60.6	75.4	—	1.67
8 YA (F)	165	6.82	4.95	3.57	3.44	44.00	0.18	50.4	52.8	72.1	—	1.99
9 SA (F)	165	6.72	4.81	3.44	3.37	44.20	0.18	50.1	54.6	67.4	—	1.75
10 SU (F)	170	6.44	4.85	3.41	3.46	45.20	0.18	53.7	60.1	68.6	—	1.58
11 SA (F)	170	6.85	5.06	3.74	3.42	42.30	0.18	49.9	52.4	79.2	—	—
12 IN (F)	170	6.35	4.97	3.49	3.54	45.20	0.18	55.8	52.3	77.1	—	1.93
13 HA (F)	173	6.58	4.94	3.43	3.55	46.00	0.20	54.0	52.2	70.2	—	1.77
平均 S	—	6.42	4.82	3.47	3.36	43.58	0.18	51.9	56.6	73.4	—	1.87
標準差 D	—	0.22	0.13	0.11	0.12	1.24	0.014	2.32	3.25	5.7	—	0.18

あり、男子10例、女子13例、合計23例の結果である。これらの跳躍について、それぞれの測定項目を中心検討を行なった。

助走速度 助走速度は踏み切り一步前で腰が空中を移動する際の平均速度である。表1および図2に示すように、2m以上を跳躍した男子選手ではペリーロールの場合 6.14~6.92m/sec であったが、背面とびの被検者では 7.89m/sec と 8.06m/sec と大きい値を示した。一方 1m60から 1m73までの跳躍をした女子の場合はいずれも背面とびであり、助走速度は 6.06~6.85m/sec の範囲で男子のペリーロールの場合とほぼ同じ値であった。

これら男、女被検者の結果から、走り高とびにおける助走速度は跳躍する高さによってあまり差がなく、走り幅とびで報告したような⁶⁾ 助走速度と記録の間には一定の関係は走り高とびでは認められない。

また、ペリーロールに比べ、背面とびが速い助走スピードである傾向を示している。しかし、男子のSA、UCの選手では背面とびであるため速いのか、2.00mの高さが両選手にとってこの試合で跳躍し得た最高の高さであるためであるかは明らかでない。

助走速度についてはブルメル選手が 2m21を跳躍したとき 7.4m/sec であったことが、N.G.オゾーリン⁸⁾によって報告されており、また、本研究の被検者であるマッドルフ選手については 2m03から 2m16までの跳躍で 7.3~7.5m/sec であったと J. Hay⁴⁾によって報告されている。これらはいずれもペリーロールであり、本研究の結果よりいくぶん大きい値である。したがって、一般的に背面とびとペリーロールの助走速度の大きさを比較することはできないが、小野⁷⁾によると走り高とびの助走速度は踏み切り足が発揮する力に限界があるため 6~7m/sec であるとされており、両方のとび方ともこの範囲にあるとき踏み切りでの効果的な速度の変換がなされることと考えられる。

Dyson¹⁾は各競技者にはそれ以上の速度で走るとき踏み切りの効率が低下する限界速度があることを指摘しており、この限界速度は踏み切りで発揮

される筋力、パワー及び技術の上達により大きくできるとしている。したがって、助走速度は踏み切りでのこれらの能力によって左右されるとみられ、助走速度の増加はこれらの能力の向上に合せて大きくすることが必要であろうと考えられる。

初速度 水平初速度、垂直初速度、助走によって生み出された水平速度が踏み切りによって方向変換された結果初速度となる。初速度については、男子では 4.60~5.28m/sec の範囲であり、女子では 4.53~5.06m/sec であり、跳躍フォームの違い、跳躍の高さや男女の間で差がみられず、ほぼ一定であるという結果が得られた。

水平初速度では男子のペリーロールの場合 2.85~3.32m/sec であるが、背面とびでは 3.87, 3.90m/sec と大きく、また、女子でも 3.27~3.74m/sec と大きい値を示し、背面とびの場合が大きい傾向を示した。

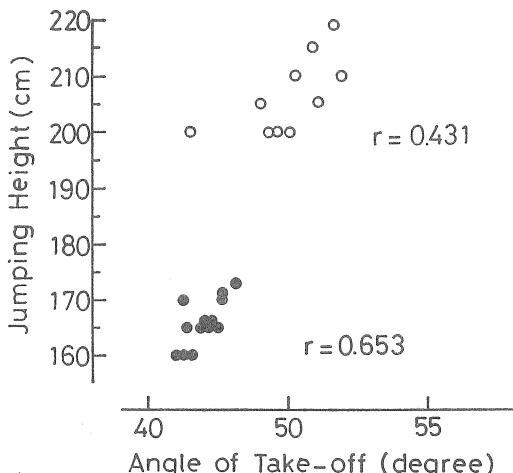
垂直初速度は男子では 3.48~3.92m/sec、女子では 3.14~3.55m/sec の範囲であり、男女間に差がみられる。これは跳躍の高さが異なるためである。また、男、女それぞれについては跳躍の高さが高くなるにつれ、いくぶん大きな値を示す傾向であるが、跳躍の高さとの明らかな関係は認められなかった。これは跳躍の高さが、身体重心の高さを示すものではなく、越し得た横木の高さによるためと考えられる。

跳躍角 踏み切り足が地面から離れた瞬間における腰の移動方向と水平面とのなす角度を跳躍角とした。跳躍角と跳躍の高さとの間には図3にみられるような相関がみられた。

男子のペリーロールでは 49°10'~53°50' であったが、背面とびの SA では 43°、UC では 43°50' ときわめて小さい値であった。このことは、これら両者が踏み切りにおいて垂直方向の速度を十分生み出し得なかったことを示している。

女子では 42°10'~46°00' と男子ペリーロールの被検者よりも小さい値を示した。これは女子では男子に比べて脚力に劣るためとみられるが、男子のペリーロールの場合ほど垂直速度への変換がなされていないことを示している。

Hay. J⁴⁾はマッドルフが 2m03~2m16を跳躍したときの跳躍角は 2m16のとき 42.4°を除い



図II-3 走り高とびの跳躍の高さと跳躍角の関係

て $50.9^{\circ} \sim 52.6^{\circ}$ であると報告しており、この値は本研究結果とほぼ一致する。

助走速度に対する水平初速度の割合

表1に示すように、踏み切りにおける速度変換の効率の指標と考えられる助走速度に対する垂直初速度の割合は、男子では跳躍の高さが高くなるとその値も大きくなる傾向を示している。

このことは、走り高とびの高さを得ることが助走速度を速くすることよりも、大きな助走速度で踏み切りにおいてより多く垂直方向の速度に変換することであるといえる。

また、この値も男子の場合背面とびよりもペリーロールの場合が大きく、前者が44.7%，47.5%であるのに対し、後者では60%に達している例もみられる。女子ではこの値は低く49~55.8%の範囲であった。

このことは背面とび、あるいは女子の場合では、踏み切りでより大きな垂直方向の速度を生み出す筋力、パワー及び踏み切り技術を向上させることの必要性を示唆しているとみられる。

IV ま と め

2 m以上を跳躍した男子選手の助走速度については、ペリーロール ($6.14 \text{ m/sec} \sim 6.92 \text{ m/sec}$) より背面とび ($7.89, 8.06 \text{ m/sec}$) が速い傾向を示した。しかし、背面とびの2選手の例では跳躍角や助走速度に対する垂直初速度の割合が小さ

く、踏み切りでの方向変換が効果的になされていないとみられる。また、 $1 \text{ m}60 \sim 1 \text{ m}73$ の高さを跳躍した女子選手ではいずれも背面とびであり、助走速度は男子とほぼ同じ程度の値 ($6.06 \sim 6.85 \text{ m/sec}$) を示した。これら走り高とびの助走速度は走り幅とびの場合と異なり、記録との関係は認められなかった。

初速度の大きさは跳躍の高さやとび方の違い、男女間に差がみられずほぼ同じ値であった。しかし、水平初速度についてみると、男子のペリーロールでは比較的小さい傾向 ($2.85 \sim 3.32 \text{ m/sec}$) であり、背面とびでは男子 ($3.87 \text{ m/sec}, 3.90 \text{ m/sec}$) や女子では $3.27 \sim 3.74 \text{ m/sec}$ と大きい傾向を示した。

垂直初速度では男女とも高さが高くなるにつれて大きくなる傾向を示したが、統計的に明らかな関係はみられなかった。これは跳躍の高さが重心が上った高さでなく、越し得た横木の高さによるためとみられる。垂直初速度は男子の場合が大きく、女子では小さい。この違いはとび方の差も含まれようが主として踏み切りで発揮し得る筋力、パワーなどによるものと考えられる。

跳躍角はペリーロールの男子では約 50° であったが背面とびの男子及び女子では $42^{\circ} \sim 46^{\circ}$ と低い値を示した。また、踏み切りでの効率の指標とも考えられる助走速度に対する垂直初速度の割合を求めるとき、ペリーロールでは $54 \sim 62.4\%$ であり、男子背面とび $44.7, 47.5\%$ 、女子では $49 \sim 55.8\%$ であった。

これらのことから、本研究の被検者となった背面とびの選手では、助走速度に対して踏み切りで十分な垂直速度が得られていないとみられる。また、助走速度の速さは踏み切りでの脚筋力、パワー及び技術に依存するとされているが、その60%程度の速度を垂直方向に変え得る速さであるといえる。

文 献

- 1) Dyson, H. G. Geoffrey : The Mechanics of Athletics. University of London Press LTD. 1970
- 2) Dyatchkov, M : The High Jump. J. Technical Track and Field Athletics. 34, 1968

- 3) Gombac, R. : The Mechanics of Take-off in High Jump. Biomechanics 2. Karger Basel 1971
- 4) Hay, G. James : A Kinematic Look at the High Jump. J. Technical Track and Field Athletics 53. 1973
- 5) 金原勇, 渋川侃二, 三浦望慶他: 跳躍力を大きくする基礎的技術の研究, その3。助走を利用して高くとぶ跳躍について, 東京教育大学体育学部スポーツ研究所所報 4 1966
- 6) 松井秀治, 三浦望慶, 袖山絢, 小栗達也: 走り幅とびの踏み切りにおける速度変化. 日本体育協会スポーツ科学委員会研究報告集 1973
- 7) 小野勝次: 陸上競技の力学, 同文時院 1966
- 8) オゾーリン, N.G., 岡本正己訳: コーチのための陸上競技 講談社 1969

III 背面とびの空中動作について

松井秀治

(名古屋大学)

三浦望慶

(名古屋大学)

小栗達也

(豊田高専)

袖山紘

(金城学院大学)

丸山吉五郎

(法政大学)

小掛照二

(日本陸連)

I 緒言

走り高とびで高い横木を越すためには、(1)身体重心を高く上げること、(2)横木の有利な越し方をすることの二つの要因があげられている¹⁾。これらのうち、第一の要因についてはこれまで多数の研究がみられるが、第二の要因については実験的に検討された例は少ない。

走り高とびの空中でのスタイルはこれまでいくつかの変遷がみられるが、小野⁹⁾は空中動作の一
般原則としてバーの上にない身体部位を下げるこ
とによって、相対的に横木の上にある身体部位を
高くすることを指摘している。

Dyson, J.¹⁾は各種のとび方について、最高点でのフォームと身体重心位置を理論的に検討して比較しており、Hay, G. は^{4) 5)}模擬的なフォームについて身体重心を写真より分析している。これらはいずれも最高点でのフォームをとりあげたものであり、一連の空中動作として検討されたものではない。

現在の競技会において、走り高とびではベリーロールと背面とびがみられるが、殆どの選手が背面とびを行なっている。背面とびでは横木の有利な越し方と一緒に、頭や頸で着地する恐れがあり、安全な着地をすることが問題となる。

本研究では背面とびの空中動作について、横木の有利な越し方と安全な着地といった点からとりあげ、一連の空中動作を検討し、動作を構成する要因を明らかにしようとしたものである。

II 実験方法

背面とびの空中動作は写真より身体重心を計測することから、被写体となる被検者をできるだけ大きな画像で撮影する必要がある。そのため、撮影には35mm映画撮影機を用いて空中動作を側面より撮影した。

使用したカメラはアリフレックスで、被検者の空中フォームが側面からとらえられるように、踏み切り地点から25m離れた位置に、バーの高さとほぼ同じ高さでセットした。撮影は毎秒24コマ、シャッタースピード1/125秒、絞り8で行なった。

身体重心の算出は撮影したフィルムからA4の大きさに各々の写真を引伸して焼付け、それらの写真について、グラフペンシステムにより算出した。

被検者は昭和49年8月に富士見高原で行われたアジア大会出場選手合宿及び高校選抜選手合宿に参加した走り高とび選手、男子4名、女子2名、計6名である。表1には被検者の背面とびによる最高記録、形態、筋力及び柔軟性の測定値について示した。これらの被検者は男子では2m05~2m10の記録を持っており、女子では1m75の記録を持つ一流選手である。

跳躍の試技は、これらの被検者にその場から行う立高とびと助走を利用した跳躍をいずれも背面とびで行なわせ、それぞれの高さについて3回ずつ行なわせた。

表 1 被検者の背面とびでの最高記録、形態、筋力および上体そらし測定値

被検者	性別	記録 m	身長 cm	体重 kg	胸囲 cm	大腿長 cm	下腿長 cm	大腿囲 cm	下腿囲 cm	脚筋力 kg	背筋力 kg	上体そらし cm
K G	女	1.75	157.8	44.5	71.4	47.9	40.6	47.4	32.5	77.0	96.0	64.4
O K	女	1.75	158.7	45.0	78.6	47.9	38.6	45.2	32.3	63.0	97.0	63.1
K T	男	2.10	179.1	71.5	92.8	53.2	48.3	53.5	39.9	94.0	172.0	68.1
T Y	男	2.07	173.3	62.5	85.9	50.9	46.4	53.6	36.2	100.0	170.0	51.0
Y M	男	2.07	177.5	69.0	92.6	51.6	47.3	54.2	37.8	111.0	174.0	59.6
K N	男	2.05	174.1	70.5	99.7	47.6	46.7	53.8	38.0	100.0	175.0	70.5

III 結果と考察

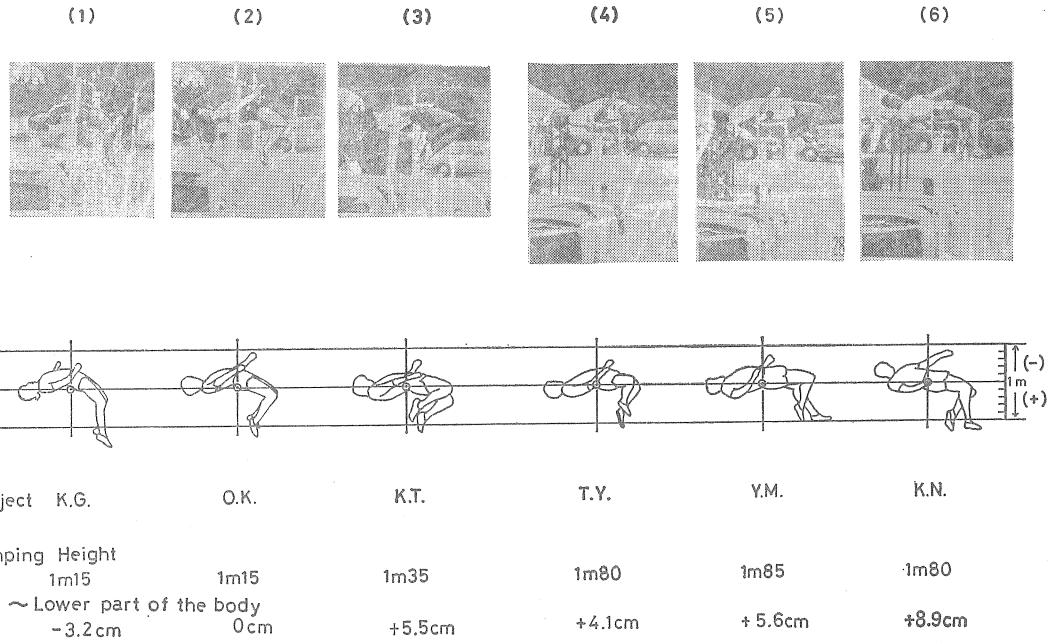
バーを効果的に越えることの一つは、重心が最高点に達したときのフォームによるとされてゐる⁹⁾。そこで、最高点でのフォームと重心位置について検討した。

図1は身体重心が最高点に達したときのフォームと重心位置を立高とびの場合と助走を利用した場合について比較したものである。各々の跳躍フォームについては重心位置を基準にして、重心から垂直線上で身体下辺部が上方にあればマイナス

ス（-）、下方にあればプラス（+）として示した。

最も優れたフォームは図1の被検者KGにみられ、KGでは重心から身体下辺部までの垂直距離は-3.2cmであった。これは最高点で身体を十分背屈させているので、重心よりも身体下辺部が上にあることを示しており、バーを効果的に越えるフォームであるといえる。被検者OKでは重心から身体下辺部の値は0であり、重心と身体下辺部が同じ位置にあることを示している。

その他被検者、KT, TY, YM ではこの値が



図III-1 重心が最高点に達したときのフォームと身体重心に位置の比較

$+4\text{ cm} \sim 5.6\text{ cm}$ であったが、最も背屈がみられない KN では $+8.9\text{ cm}$ で重心より身体下辺部の垂直距離では身体下辺部が下にあり、バーを越すのに不利なフォームである。

これらの結果から、この実験で最も背屈したフォームを示した KG と背屈がみられない KN では、空中姿勢の違いによっておよそ 12 cm の差がみられた。

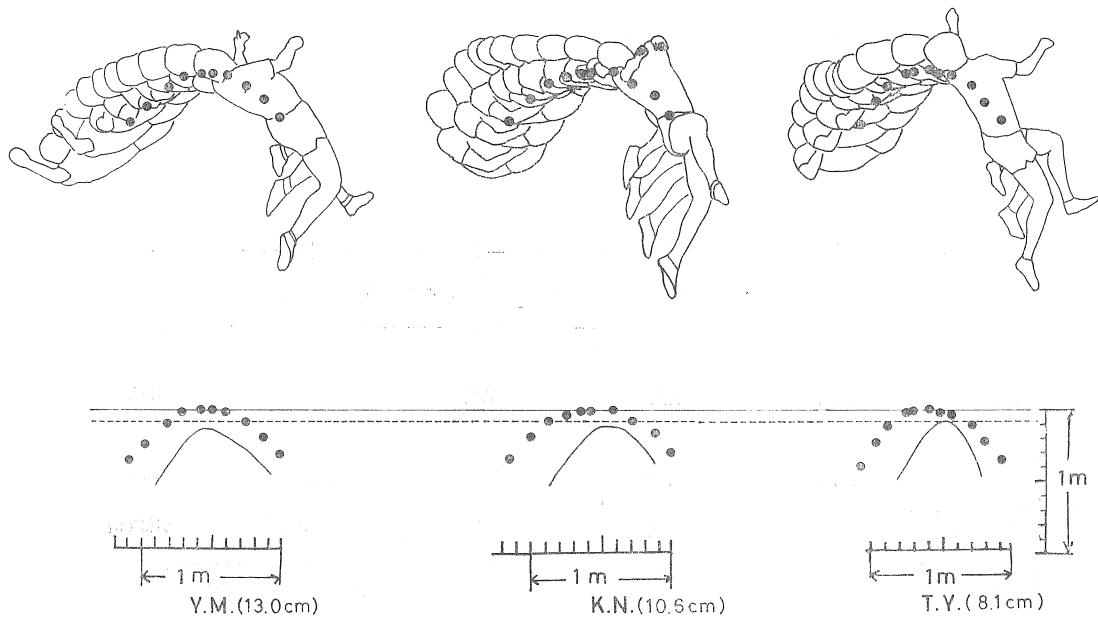
図1で、立高とびの場合と助走背面とびの場合では立高とびの場合に背屈が十分なされている傾向がみられる。これは立高とびでは踏み切りで足が離れる瞬間の水平速度が小さいためであろうと考えられる。

Dyson, G.¹⁾ はレイアウト（横木の越し方）の有効さはレイアウトの瞬間ににおいて、横木より上と下にある身体の質量により評価できるとし、ジャンプの最高点で横木の下になっている質量が多いほど、それが地面に近いほど、レイアウトが良いことを指摘している。本研究では最高点における重心位置とそれと垂直線上での身体下辺部の距離によってバーを越す際の有効さを検討したが、最高点でみられるフォームでの重心位置はほぼ腰の位置にあり、腰がバーを越すまで十分背屈し深いアーチを作ることが効果的であろう。

この深いアーチを作るための背屈は、脊柱を中心とした体幹の可動性によっており、背屈は腹屈（前屈）に比べて劣ることが知られている⁶⁾。身体の後方の柔軟性について松井⁷⁾は脊柱だけでは垂直位から背方へ 20° の運動を示すが、股関節、膝関節を含めると $45^\circ \sim 60^\circ$ の背屈がみられるとしている。柔軟性はトレーニング効果がかなり認められ、個人差も著しいが、背面とびにおける最高点でのフォームはバーの上での動きと同時に背屈の柔軟性も関与するとみられる。

本実験で最も深い後屈を示した KG では、重心と垂直線上での身体下辺部の距離は -3.2 cm であった。Hay⁴⁾は走り高とびのいろいろなとび方について、最良とみられるフォームをテーブルや枠の上でとらせ、背面とびでは重心からバーまでの距離は -8.3 cm であるとしている。本実験での KG の値は重心と身体下辺部の距離である点で異なるが、バーとの間隙を考慮するとほぼ同じ値であるといえる。このことから、KG のフォームは背面とびでの最高点でほぼ限界に近いフォームであるとみられる。

横木の有効な越し方については、また、からだのいずれの部分をもバーに触れないようにバーを越すことが問題となる。そこで、背面とびでバー



図III-2 助走を利用した背面とびにおける空中でのフォーム、重心のコース及び身体下辺部のコース

を越えるときの一連の空中動作について検討した。

図2は助走を利用した背面とびで、横木を越える際の重心のコースと身体下辺部のコースを写真を重ね合せてトレースすることによって描いたものである。図2の上段に示したフォームと身体重心の移動から、重心移動は放物線を描いていることがわかる。一方、空中フォームは重心が上昇しほぼ最高点に達するあたりまでは背屈されており、その後、重心が落下するにつれ腹屈している。

図2の下段には重心移動のコースと身体下辺部のコース（実線で示した）を比較した。最高点での重心と身体下辺部が最も高い位置にあるときの両者の差は TY が 8.1cm と最も小さく、KN, 10.6cm, YM, 13.0cm の順であった。重心と身体下辺部のコースについてみると、TY の場合には身体下辺部のコースは重心のコースと異なった形を示し、右よりの曲線となっている。これは上段に示した TY のフォームにみられるように、重心が落下するにつれ、身体の腹屈がなされており、このような動作により、下肢がバーに触れるのを避けているとみられる。

被検者 KN についても、TY と同様、重心のコースは放物線を示すが、身体下辺部のコースは右

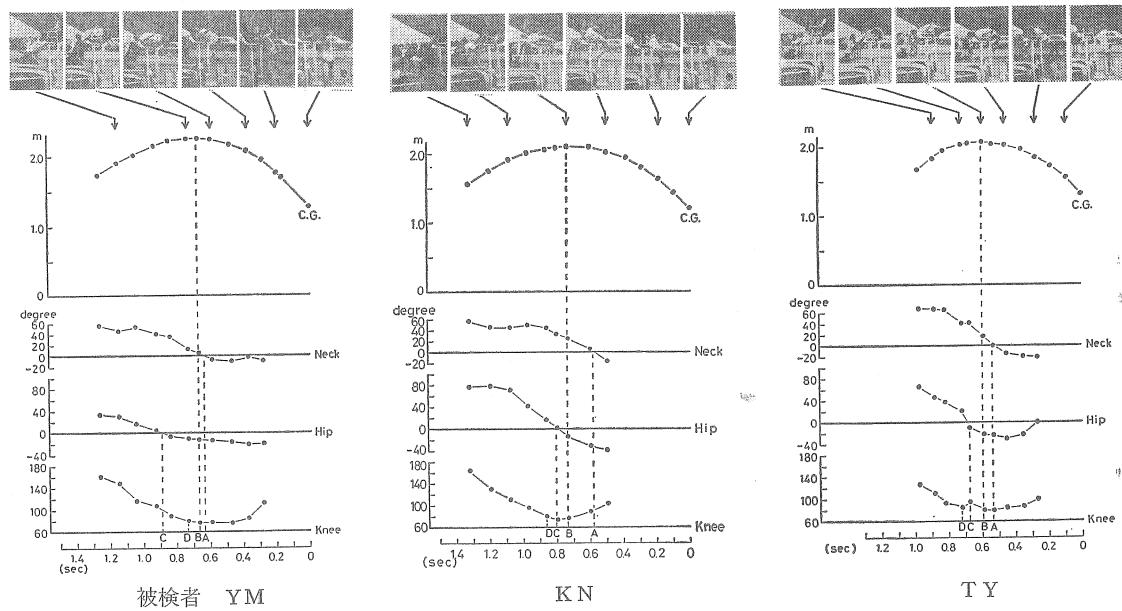
よりの曲線となっている。これも落下のフォームが腹屈されていることによる。一方、YM では、身体下辺部のコースは重心のコースとほぼ同じ放物線に近い形を示している。YM ではそのフォームにみられるように、重心の落下に伴う腹屈の状態が少ないためであるとみられる。

背面とびのクリアランスはバーに対して 60°～90° の角度で行なわるので、上体がバーを越しても下肢がバーに触れることが多い。ここにみられる YM の例では下肢がバーに触れることが考えられ、バーに触れないためにはかなり幅をとぶ跳躍になるであろう。また、着地では後頭部や頸から着地する恐れがあり、危険が伴うことが考えられる。

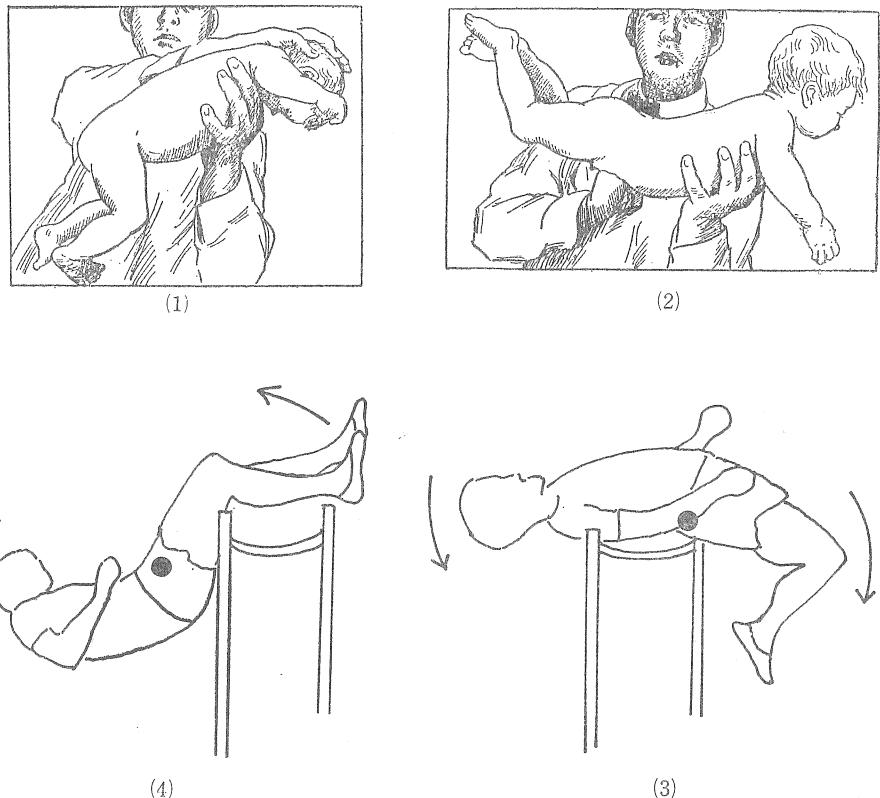
Hay, J.^{4) 5)} は馬術競技で馬が大障害を越える際に障害の上では腹屈により下向のアーチを作ったあと、下肢が障害にからぬよう背屈して上向きのアーチを作り効果的に障害を越えることを指摘しているが、背面とびのクリアランスにおいても同様の動きをとると認められる。

背面とびにみられるこのような空中動作が時間的、空間的にどのように行なわれているかについて、ゴニオグラムにより検討した。

図3は背面とびの空中における重心のコースと



図III-3 背面とびの空中動作における重心のコースと頸、股関節、膝関節のゴニオグラム



図III-4 ヒトにみられる緊張性頸反射の例（福田による）と背面とびの空中フォームの比較

頸、股関節、膝関節のゴニオグラムを示したものである。踏み切り足が離れる瞬間を0として横軸に時間軸をとったが、B点は重心が最高の高さに達した時を示している。三例とも共通にみられる点は、重心が上昇して最高点に達する前まで頸は背屈しており、最高点に達する直前に頸が背屈から腹屈していることがAの時点よりわかる。

重心が最高点に達した時は股関節は背屈の状態を保っているが、最高点を過ぎて重心が落下を始めると次第に腹屈されてゆく。被検者YMについては重心の落下に伴う腹屈が少ないことを身体下辺部のコースとフォームによって指摘したが、TY, KNでは股関節が約60~70°屈曲しているのに比べ、YMでは約30°である。

膝関節は重心が最高点に達するあたりまで屈曲されているが、重心が落下するにつれ次第に伸展してゆき、股関節の屈曲が一定に達したあとでもさらに伸展を続け、140°~170°に伸展されてい

る。このように落下に伴う伸展は、下腿がバーに触れるのを防いでいるとみられる。

背面とびの空中動作ではこのように最高点附近での背屈と落下に伴う腹屈と膝の伸展がさわめて短い時間の間でみられる。また軀幹の背屈から腹屈への動作は頸の背屈から腹屈への動きが先行することから、福田³⁾が指摘する緊張性頸反射にもとづく動作であると考えられる。緊張性頸反射とは、頭位の変化によって頸筋の深部感覚が刺激され、その興奮が反射路を介して四肢筋に伝えられ惹起される反射運動であるとされている。

図4は福田によるヒトにみられる緊張性頸反射の例と背面とびの空中フォームを示したものである。図4の(2)は頭部を頸に於て背方に反らせた背屈頭位の姿勢で、この場合緊張性頸反射により軀幹は背方にアーチを作りわん曲すること、上肢は伸展緊張が増し、下肢ではそれが弱まることが知られている。このことが図4の(3)に示す背面とび

で、重心がほぼバーの上に達したフォームで見られる。すなわち、背屈頭位による背方への反りと上肢の伸展緊張の増加による伸展および下肢ではその減弱による膝関節の屈曲などである。

図4の(1)は頭部を腹方に屈曲した腹屈頭位であるが、この場合軸幹は腹方にわん曲し、上肢の伸展緊張は弱まり、下肢の伸展緊張が増すとされている。このことが図4の(4)に示した背面とびの落下的フォームにみられ、それらは腹屈頭位による軸幹の腹方へのわん曲、上肢の伸展緊張の弱まりによる腕の屈曲、及び下肢の伸展緊張の増大による膝関節の伸展などである。

このように背面とびの空中動作が緊張性頸反射にもとづいて行なわれているため、背面とびは技術的にやさしく、比較的短期間に上達する理由であるとみられるが、効果的な空中動作を習得するためには緊張性頸反射にもとづく頭部の動きを先行させ、その切換では意識的にこれらの動作をタイミングよく遂行することであろう。

また、背面とびの空中動作を Dyson¹⁾ が指摘するように、空中でみられる重心を軸とした回転運動としてとらえると、図4の(3), (4)に矢印で示す空中での作用と反作用としての動作であるとみられる。すなわち、(3)の場合は頭部を背屈したことによる角運動量が矢印方向にみられ、同時に下肢では同じ大きさの角運動量がその反作用としてみられる。また、図4の(4)の場合も同様に、頸や胸を上方へ起こすことによって重心まわりの上体の角運動量に対し、下肢を逆方向へ同じ角運動量で動かす反作用によってこの動作が行なわれている。

この点については Ecker, J.²⁾ も背面とびでは作用一反作用が同一平面上で互いに向き合った状態で起こるとしているが、これらの空中動作にみられる作用一反作用は緊張性頸反射にもとづくため、頸部の動きが先行することによってなされると考えられ、この点は背面とびにおける空中動作の指導において考慮される必要があろう。

IV まとめ

背面とびの空中動作を検討するため、35mm映画撮影により、6名の被検者の跳躍中の空中フォ

ームを側面より撮影した。

背面とびの最高点では、最も背屈したフォームを示した被検者の身体下辺部が、重心より上方3.3cmの位置にあった。一方、背屈が十分でない場合は身体下辺部は重心より下方8.9cmにあり、最高点でのフォームの違いにより12cmほどの差がみられた。クリアランスでは1~2cmの差が成功か否かを決定することから、最高点でのフォームは十分背屈されたものであることが要求される。しかし、この実験で最も背屈したフォームの被検者の値は身体の柔軟性や他の研究者の報告と合せて考えると背面とびの空中動作としてほぼ極限に近いフォームであるとみられる。

空中動作を重心のコースとフォーム及び頸、股関節、膝関節のゴニオグラムから検討した結果、重心が最高点に達するまで頸の背屈と最高点に達する直前に頸の腹屈がみられ、重心が落下を始めると股関節の屈曲が始まり、落下するにつれ、ある時点から一定となる。膝関節では落下に伴なって次第に膝が伸展されるが、これらの動作によって落下してゆく際に下肢がバーに触れるのを防いでいるとみられる。

これらの空中動作はフォームやゴニオグラムからみて緊張性頸反射にもとづくと考えられる。また、最高点にあるときの背屈したフォームでの軸幹と上、下肢及び落下するについてみられる腹屈することによる軸幹と上、下肢の動きは、一般に空中における作用一反作用としてとらえられている重心まわりの大きさが同じで反対方向まわりに角運動量を保存しようとする動きによって構成されているものといえる。したがって、背面とびの空中動作はこれらの点を考慮して適切な指導がなされる必要があろう。

文 献

- 1) Dyson, H. G. Geoffrey : The mechanics of athletics. Univ. of London Press LTD. 1970
- 2) Ecker, Tom : Track and Field Dynamics, 1970
- 3) 福田 精：運動と平衡の反射生理、木村書店、1957
- 4) Hay, G. James : Some thoughts on the Ultimate in High Jumping Techniques. Paper at the VI Congress of International Track & Field. 1973

- 5) Hay G. James : The Hay thchnique-Ultimate in High Jump style? Athletic Journal. 1973. 6
- 6) 本間茂雄：人体の柔軟度とその測定法，大野書店 1968
- 7) 松井秀治：身体運動学入門，体育の科学社，1958
- 8) 三浦望慶，池上康男，松井秀治：部分及び合成重心係数を用いての座標測定方式による合成重心の算出，体育の科学 24巻 8号，1974
- 9) 小野勝次：陸上競技の力学，同文書院，1963

IV 跳躍競技者のパワーからみた身体特性

金 原 勇
(東京教育大学)

高 松 薫
(東京教育大学)

大 西 曜 志
(順天堂大学)

阿 江 通 良
(東京教育大学)

I 緒 言

陸上競技の跳躍種目は、短距離および投てき種目とともによい記録を出すのに行動体力の1要因であるパワーが重要な代表的スポーツである。したがって、跳躍選手の身体特性を明らかにするには、跳躍種目に独自なパワーに關係する身体特性を探る必要がある。このためには、跳躍種目に要求されるパワーの特性を、次に述べるような、パワーを構成する諸要因¹⁾と関連づけて吟味することが役立つであろう。

1. 陸上競技のように記録によって勝敗が決まるスポーツの成績は、一つには、それぞれの種目に独自な限られた時間や距離にわたる運動中に、身体内部で產生し得た、その運動に使い得るエネルギー量、換言すると有効な発生エネルギー量によって決まつてくる。

パワーは、生理学的に、単位時間当りの化学的エネルギーの動員能力（以後発生パワーと呼ぶことにする）としてとらえられるとすると、その產生のメカニズムに着目して、大きく無氣的パワーと有氣的パワーに分けることができる。陸上競技における跳躍、純短距離、投てきなどのように、きわめて短い時間にきわめて大きなパワー（以後出力パワーと呼ぶことにする）を發揮しなければならない場合には無氣的発生パワーに、長距離のように、長時間にわたってかなり大きな出力パワーを發揮しなければならない場合には有氣的発生パワーにすぐれていることが要求される。

跳躍種目に要求される無氣的発生パワーの優劣

は、生理学的には、主に短い単位時間当りに筋が出し得るエネルギーの最大量に關係する筋の量的発達と、主に短い収縮時間内に筋が単位容積当りに出し得るエネルギーの最大量に關係するとみられる筋の質的発達および筋収縮に働く神經機能の発達などによって決まつくると考えられる。

2. よい成績をあげるのに無氣的パワーが重要なスポーツのなかには、大きな力が要求される種目もあれば、大きなスピードが要求される種目もある。換言すると、前者の種目ではローギヤー型無氣的出力パワーが、後者の種目ではハイギヤー型無氣的出力パワーが重要である。ハイギヤー型の無氣的出力パワーにすぐれるには、単位体重（筋量）当りに出し得る発生パワーの大きいことが必要で、このためには筋の質、筋収縮に働く神經機能などが特に重要である。また、ローギヤー型の無氣的出力パワーにすぐれるには、出し得る全體としての発生パワーの大きいことが必要で、このためには筋が太く筋量の多いことも重要になってくる。

跳躍種目では、助走によって得られた水平速度を鉛直速度に変えるために、踏切において大きな力が要求されるので、効果的な踏切をするにはローギヤー型の無氣的出力パワーにすぐれていることが要求される。但し、この点からは棒高跳の踏切は例外であると言えるのではなかろうか。また、走幅跳、三段跳、棒高跳などの助走で大きな速度を得るために、ハイギヤー型あるいはセカンドギヤー型の無氣的出力パワーにすぐれていることが要求される。

各種のスポーツにおける動きを筋収縮の種類に着目してとらえると, isometric, concentric, eccentric の 3 種類がみられる。

跳躍種目の踏切局面では, 踏切脚の膝, 腰などを伸ばすのに働く諸筋は, 踏切の前半では eccentric な収縮をして, また後半では concentric な収縮をして大きな力を瞬発的に出している。また, 腕および振上脚の振上げに働く諸筋は concentric な収縮をして, 背・腹部の諸筋は姿勢を保持するために, isometric な収縮をして大きな力を瞬発的に出している。

このように吟味してみると, 棒高跳を除く他の 3 種目では効果的な踏切をするために, 特に脚や腰を伸ばすのに直接働く諸筋が eccentric および concentric な収縮による無気的出力パワーにすぐれていなければよい成績はあげられないと考えられる。

よい成績をあげるのにパワーが重要なスポーツの中には, 主に上半身あるいは下半身のいずれかの無気的出力パワーにすぐれていればよい成績のあげられる種目もあれば, 全身にわたって無気的出力パワーにすぐれていなければよい成績が得られない種目もある。跳躍種目でよい成績をあげるには全身にわたって無気的出力パワーにすぐれていることが要求されるが, 棒高跳以外の種目では主に下半身の無気的パワーに, 棒高跳では特に上半身の無気的パワーにもすぐれていることがきわめて重要であるとみられる。

3. 全体としての発生パワー, 単位筋量当りの発生パワーが同じであっても, 次にあげるいくつかの理由によって, 同じような型の出力パワーが出るとは限らない。したがって, めざすスポーツで同じような成績があげられるとは限らないことになる。

その第 1 の理由に, 人間の運動が関節を軸とするテコによって行われており, 関節軸から力の作用点までの距離が長く, 関節軸から筋の骨への付着点までの距離が短い形態では, 大きな力(静的な出力とも呼ぶことにする)あるいはローギャー的出力パワーを出すには不利になるが, 大きなスピードあるいはハイギヤー的出力パワーを出すには有利になるということがあげられる。たとえ

ば, 大腿四頭筋の脛骨への付着点が膝関節から離れているほど大きな力(あるいはローギャー型出力パワー)を出すのに有利になる。

その第 2 の理由に, 下肢長に対する大腿長の割合が大きい場合ほど大きな力あるいはローギャー的出力パワーを出すには有利であるが, 大きなスピードあるいはハイギヤー的出力パワーを出すには不利になるということがあげられる。

4. 跳るために出し得る発生パワーや出力パワーには間接的に働く身体各部位の条件や柔軟性, 技術なども影響てくる。

たとえば, 長い上肢を持ち, しかも効果的に使えば, 跳躍の踏切では脚によるキック力を大きくしたり, キック中における身体重心の変位を大きくしたり, あるいはキックを終る瞬間の身体重心をより高く, あるいはより前方にしたりすることができる。このことは跳躍に役立つ発生パワーや出力パワーを大きくしたり, パワーの発揮される時間を長くしたりして, よい記録を得るのに役立つことである。柔軟性にすぐれないと大きな動きができるので, より大きな無気的発生パワーや出力パワーの出せる可能性が生ずる。

このように考察してみると, 跳躍種目においてよい成績をあげるのに要求されるパワーは, その形態的機能的諸要因に着目すると, 独自なもので, しかも跳躍各種目間にもかなりの違いがありそうなことがわかる。

すぐれた跳躍競技者になるために要求される身体特性を究明するには, 一流競技者のパワー特性を, 前述したいくつかの観点から, 跳躍各種目について比較すること, 短距離選手, 投てき選手などと比較することなどが役立つのではなかろうか。

本研究では, 中学から成人にわたるわが国のトップレベルにある陸上競技選手の身についているパワーから見た身体特性を探るために, パワーに関係する形態, 機能に着目して次にあげる 4 種類の測定を行った。

- ① 静的な出力および出力パワーに関係する, 長さから見た身体の形態
- ② 静的な出力としてとらえた筋力と静的な出力および出力パワーに関係する, 太さから見

た身体の形態

- ③ 反応の速さ、切り換える速さ
- ④ isometric, concentric および eccentric な筋収縮から見た静的あるいは動的な出力パワー

本研究のねらいは、これらの測定によって得られた資料をもとにして、跳躍選手の身につけているパワーから見た身体特性を明らかにし、跳躍選手のトレーニング目標となるパワーのとらえ方、跳躍競技者の適性診断などへの示唆を引き出そうとするにある。

II 測 定

緒言でのべた課題を究明するために、ここでは主に、1974年8月、日本陸上競技連盟がアジア大会代表選手（8・9日）、日韓高校交歓大会代表選手（12・13日）、全日本中学校大会優秀選手（21・22日）を対象にして行った体力測定の結果を資料として用いることにした。

この体力測定では、陸上競技者の体力が形態、機能の両面にわたって診断できるように、測定項目に十分な配慮がされている。しかし、これらの測定項目からだけでは、跳躍競技者の身体特性を十分に把握することができないと見られたので、新たにいくつかの項目を追加し、上記の体力測定日にそれらを併せて測定した。また、金原、山口らの資料²⁾をも引用することにした。

なお、日本陸上競技連盟が行った体力測定の実施方法は、「日本陸連方式体力測定法」³⁾に解説されている。

1. 測 定 対 象 者

表1は、日本陸上競技連盟の体力測定に参加した選手、および各選手の1974年度の最高記録を示したものである。

2. 測定項目および測定法

- (1) 静的な出力および出力パワーに関する、長さから見た身体の形態

1) 測定項目

- ①身長 ②座高 ③上肢長 ④下肢長
- ⑤大腿長 ⑥下腿長

これらは、いずれも日本陸上競技連盟の体力測定項目になっている。

下肢長には上前腸骨棘高を、下腿長には腓骨点高を用いた。

なお、ここでは課題究明に役だつ資料を得ようとして、次の指標を求めた。

- ①(上肢長／身長) × 100
- ②(下肢長／身長) × 100
- ③(大腿長／下肢長) × 100
- ④(下腿長／下肢長) × 100

- (2) 静的な出力としてとらえた筋力と静的な出力および出力パワーに關係する、太さから見た身体の形態

1) 測定項目

形態

- ①体重 ②体脂肪率 ③胸囲 ④伸展上腕囲 ⑤前腕囲 ⑥大腿囲 ⑦下腿囲
- 筋力
- ①背筋力 ②屈腕力 ③握力 ④脚伸展力
- ⑤膝伸展力（ピストン型） ⑥股関節伸展力（スwing型）

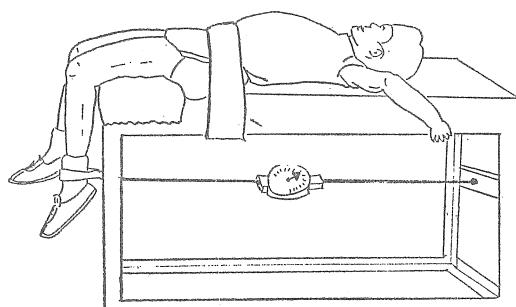
上記中の形態に関する①～⑦、筋力に関する①～④は日本陸上競技連盟の体力測定項目になっている。

なお、④脚伸展力は、追加した筋力測定項目の⑤膝伸展力（ピストン型）と區別するために、以後、ここでは膝伸展力（スwing型）と呼ぶことにする。図1に膝伸展力（スwing型）の測定法³⁾を示した。

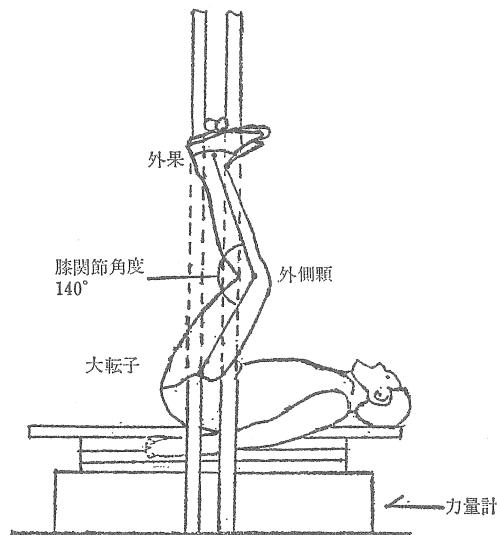
2) 測定法

A 膝伸展力（ピストン型）

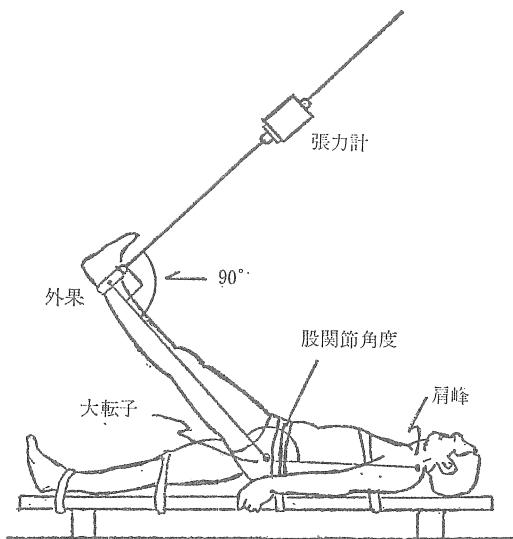
図2は膝伸展力（ピストン型）の測定方法を示



図IV-1 膝伸展力（スwing型）の測定方法



図IV-2 膝伸展力(ピストン型)の測定方法



図IV-3 股関節伸展力(スwing型)の測定方法

す。

測定には、静的筋力トレーニングに用いるラックの基底に力量計(総合計装K.K.製)をおく、支柱に2本のシャフトを束ねて取りつけた装置を用いた。

被検者は力量計の上に仰臥して両足の踵をシャフトにつけ、膝関節角度(外果・外側頸・大転子のなす角度)が140°になる姿勢をとる。膝関節角度が140°の場合には、脚は最大あるいは最大に近い伸展力を出すことができる⁴⁾。この姿勢で全力でシャフトを真上に押し上げさせ、そのとき力量計にかかる力の最高値を測定した。

この測定では、外果と大転子を結ぶ線が力量計と垂直になり、背および臀部が力量計に密着した姿勢をとらせるように注意した。

測定は原則として2回行い、成績のよい方を資料として用いた。

B 股関節伸展力(スwing型)

股関節伸展力については、金原・山口らが短距離選手と跳躍選手の筋力特性を比較するために行った測定資料を引用することにした。

図3はその股関節伸展力(スwing型)の測定法を示す。

測定には、被検者が長椅子の上に仰臥し、ワイヤーのついたバンドを測定脚の外果を通るように足頸にかけ、ワイヤーの他端をラックに固定し、

中間に、力を検出する張力計(新興通信K.K.製)を取りつけた装置が用いられている。

膝を直角に伸ばした姿勢で、脚を後方にスwingするようにして全力でワイヤーを引っぱるようにして行う股関節伸展力の測定を、いくつかの股関節角度(肩峰・大転子・外果のなす角度)について行っている。いずれの場合も、大転子と外果を結ぶ線がワイヤーと直角になるように、また、背および臀部が長椅子に密着した姿勢になるように注意させて測定している。

この測定では、張力計でとらえた力に脚の重量が影響しているので各角度毎に補正值を求め、その値を実際の測定値から差し引いたものを成績としている。

被検者には、東京教育大学の短距離、跳躍選手(表2)を用い、これらの被検者には立位姿勢による片脚での膝伸展力(ピストン型)⁴⁾についても測定している。

(3) 反応の速さ、切り換えの速さ

1) 測定項目

①全身反応時間(動作開始時間、筋収縮時間)

②ステッピング ③サイドステップ

これらは、いずれも日本陸上競技連盟の体力測定項目になっている。

(4) isometric, concentric, eccentric な筋収縮から見た静的あるいは動的な出力パワー

1) 測定項目

- ① isometric な筋収縮から見た出力パワー
(静的出力パワー)
- ② concentric および eccentric な筋収縮
から見た出力パワー (動的出力パワー)

2) 測定法

測定には、いずれの筋収縮による場合も、陸上競技のあらゆる種目で重要なとみられる膝をピストン型で伸展する姿勢または動きを用いた。

A isometric な筋収縮から見た出力パワー
isometric な筋収縮で、膝を瞬発的に伸展 (ピストン型) しようとして筋力を発揮する場合の力の立ち上がり方を測定した。

被検者は図 2 に示す姿勢で、できるだけ大きな力をできるだけ早く出すようにしてシャフトを真上に押し上げる。力が最大に達したと思ってから、更に 2 ~ 3 秒間にわたって最大努力を維持する。

測定は原則として 2 回行い、力・時間曲線をもとにして、出し得た力が大きく、しかも立ち上がりの速いと見られた試技を選んで資料とした。

isometric な筋収縮における力の立ち上がり方に関する研究は、これまでいくつか行われている。これらの研究では、いずれも力の立ち上がり状態の定量化が試みられている⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾。

ここでは、Zatsiorskij, V.M. ら⁵⁾, Clarke, D. H.⁶⁾, 吉本・渋川ら⁸⁾ の研究をもとにして、力の発現開始から 1 秒目までの力・時間曲線を $f=f_m(1-e^{-\lambda t})$ で定量化することにした。

ここで、 f : 時間経過に伴なう力 (kg)

f_m : 瞬発的に出し得る力の最大値を示す係数 (kg)

λ : 力の立ち上がりの速さを示す係数 (1/sec)

t : 時間 (sec)

e : 自然対数の底である。

f, f_m は、ここでは体重(w)で除した値を用いているので、 $f/w, f_m/w$ になる。

なお、係数 $\lambda, f_m/w$ は力の立ち上がり始めから 1 秒目までの、 $1.08/100$ 秒毎に測定した力をもとにして求めた。この測定は、アジア大会代表選手(以下アジア群と呼ぶことにする), 日韓高校交歓大会代表選手(以下高校群と呼ぶことにする)

についてのみ実施した。

B concentric および eccentric な筋収縮から見た出力パワー

concentric な筋収縮および eccentric な筋収縮によるパワーの測定には、力量計の台上で行う、振込なし反動垂直跳を用いた。

この測定では、両腕は体側に下げたままに保ち、胴体・肩・腕などの振込・反動動作を用いないで、脚だけができるだけ高く跳ぶように注意させた。

測定は原則として 2 回行い、力・時間曲線をもとにして、有効力積が大きいと見られた試技を資料として用いた。得られた力・時間曲線から 1/100 秒毎に力を測定し、Simpson の公式を用いて速度、変位などを求めた。

なお、この測定はアジア群についてのみ実施した。

III 結果と考察

1. 静的な出力および出力パワーに関係する、長さから見た身体の形態特性について

表 3 は、身体各部位の長さ、各部位間の長さの割合などの種目別平均値を、性別、発育段階別に示したものである。

図 4 は、身長と身長に対する上肢長の割合との関係を、図 5 は、身長と身長に対する下肢長の割合との関係を、図 6 は、下肢長と下肢長に対する下腿長の割合との関係を、いずれも、アジア群、高校群について示したものである。

これらの資料から次のことがわかる。

① 身長、上肢長、下肢長、大腿長、下腿長などの平均値は、いずれの測定項目においても、投てき、跳躍・短距離、中長距離群の順に大きい傾向があり、いずれも男子が女子よりも大きく、アジア群は高校群とほぼ同じで、中学群より大きい(表 3)。

② 身長と身長に対する上肢長の割合との間には有意の相関はない。身長に対する上肢長の割合は個人差が大きく、平均値では、高校群の女子がわずかに小さいことを除けば、性差、発育段階差、種目差などは認められない。

個人別に吟味すると、跳躍選手では、アシ

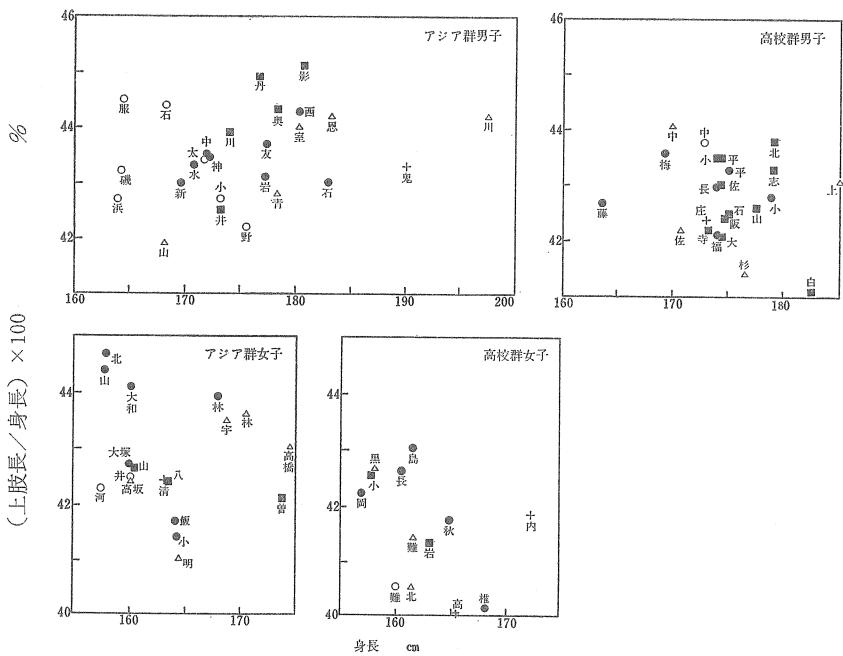


図4 静的な出力および出力パワーに関係する、長さから見た身体の形態、その1
——身長と身長に対する上肢長の割合との関係——

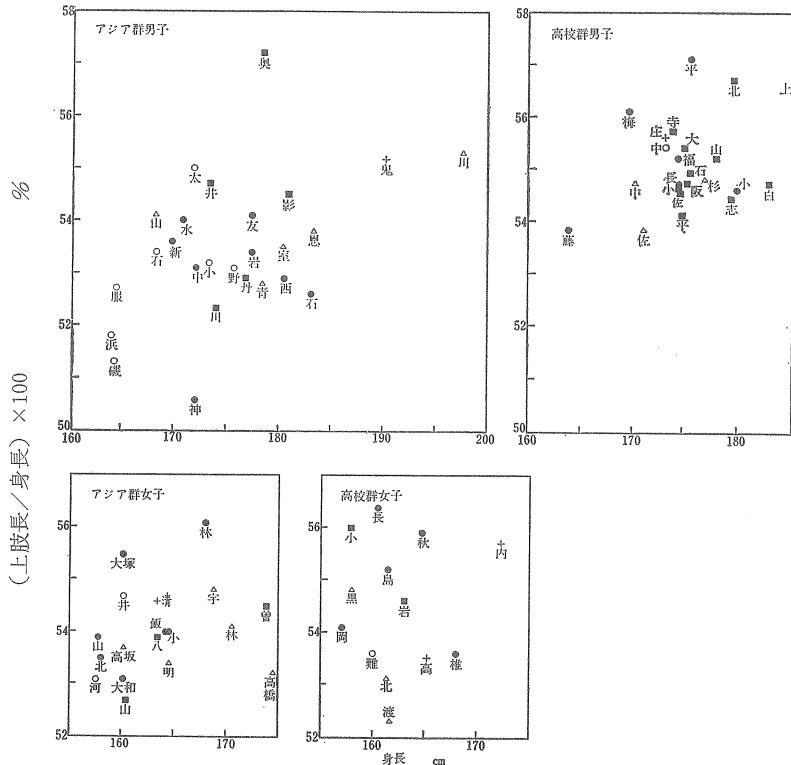


図5 静的な出力および出力パワーに関する、長さから見た身体の形態、その2
—身長と身長に対する下肢長の割合との関係—

ア群男子の丹羽（棒高跳）、影井・奥田（走高跳）、高校群男子の北川（走高跳）、小西（棒高跳）、平野（三段跳）などが各群の平均値より大きい（表3、図4）。

③ 身長と身長に対する下肢長の割合との間に有意の相関はない。身長に対する下肢長の割合においても個人差が著しい。平均値では、高校群の男子がわずかに大きいことを除けば、性差、発育段階差、種目差などは認められない。

個人別に吟味すると、跳躍選手では、アジア群男子の奥田・影井（走高跳）、井上（三段跳）、高校群男子の北川・寺脇・山本（走高跳）、大山（走幅跳）、アジア群女子の曾根（走高跳）、高校群女子の小暮（走高跳）などが各群の平均値より大きい（表3、図5）。

④ 下肢長と下肢長に対する下腿長の割合との

間にも有意の相関はない。下肢長に対する下腿長の割合においても個人差が著しい。平均値では、性差、種目差は認められないが、中学群はアジア群、高校群に比べて小さい。

個人別に吟味すると、跳躍選手では、アジア群男子の川越（走幅跳）、影井（走高跳）、高校群男子の志村（走幅跳）、小西（棒高跳）、平野（三段跳）、山本（走高跳）、アジア群女子の八木・曾根（走高跳）、高校群女子の岩下（走幅跳）などが各群の平均値より大きい（表3 図6）。

上述した諸結果をもとにすると、発育のほぼ終った高校生以後では、身体各部位の長さに関しては、平均値では若干の種目群差、性差があるが、各部位の長さの割合から見た身体の形態差は認められないと言えよう。このような結果が得られたのには、測定対象者がいざれもわが国のトップレ

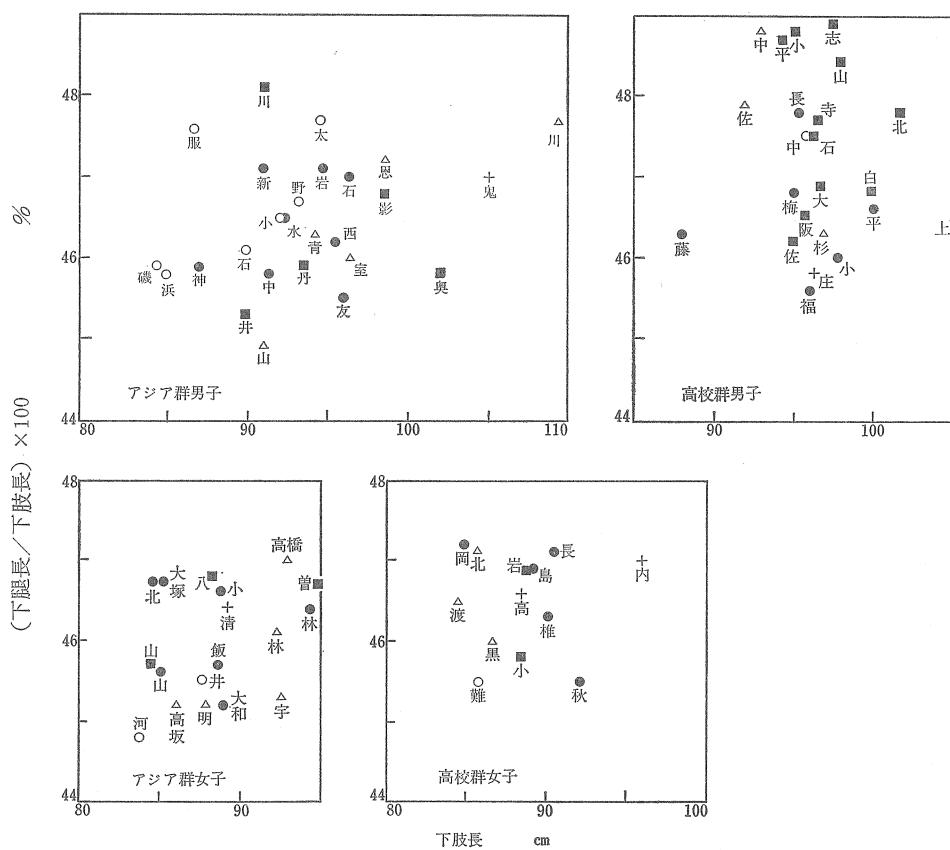


図6 静的な出力および出力パワーに関係する、長さから見た身体の形態、その3
—下肢長と下肢長に対する下腿長の割合との関係—

ベルにある陸上競技選手であったこと、いずれの種目の選手もよい成績をあげるのに大きなスピードのできる形態をしていることが有利であること、などが原因していると考えられる。

しかし、跳躍選手について個人別に吟味すると、身体各部位の長さの割合から見た身体の形態には各種目に特有の傾向が認められる。身長に対して上肢長の長い選手は棒高跳、走高跳を、身長に対して下肢長の長い選手は走高跳を、下肢長に対して下腿長の長い選手は走幅跳などを専門種目についている傾向がある。このような傾向があるのは、棒高跳では、ポールの握りの位置を高くしたり、大きなスウィングをしたりなどするためには、上肢の長いことが、走高跳では、踏切足が地面から離れる瞬間の身体重心高を高くしたり、踏切中における身体重心の鉛直方向での変位を大きくして大きな跳躍初速度を得たりなどするためには、上肢および下肢の長いことが、また走幅跳では、助走において大きな疾走速度が出せるように膝から下の長いことが、それぞれの種目でよい成績をあげるのに有利になるためと考えられる。

無気的発生パワーの静的出力および出力パワーへの変換に関する、きわめて重要な形態的な要因の一つに、力点となる、筋の骨への付着部位が関節からどれくらい離れているかがあげられる。

神野（短距離）が、下肢長、下腿長のいずれもが短いにもかかわらず、100m でよい成績をあげているのは、一つには、脚筋や大臀筋などの骨への付着部位がハイギヤー型のパワーを出すのに有利になっていることが考えられる。したがって、筋の骨への付着部位についても X 線写真によらないで、手軽に測定できる手段を開発する必要があるであろう。

このように吟味していくと、各跳躍種目への適性の診断には、身長のみでなく、身体各部位の長さの割合から見た身体の形態は重要な資料の一つとして使えることがわかる。

2. 静的な出力としてとらえた筋力と静的な出力および出力パワーに関する、太さから見た身体の形態特性について

表 5 は身体各部位の「静的な出力としてとらえ

た筋力」（以下、単に筋力と呼ぶことにする）について、表 4 は筋力および出力パワーに関する形態について、いずれも種目別平均値を、性別、発育段階別にまとめたものである。

一般に、筋力としてとらえられている測定値を、ここでは「静的な出力としてとらえた筋力」としたのは、測定では、筋の張力（筋における無気的発生パワー水準）そのものではなく、人体のテコを通して発現された力（静的な出力）をとらえているにすぎないし、また、筋の張力が同じであっても、測定条件の違いによって、また個人によって静的な出力は変わってくるからである。

図 7-(1)・(2)、図 8-(1)・(2)は、表 5 を図示したものである。図 7 には、身体各部位の筋力を、図 8 には、身体各部位の単位体重当りの筋力を、いずれの図も(1)には、男子のものを、(2)には、女子のものを示した。

図 9 は、膝伸展力（ピストン型）を体重と関連づけて、アジア群および高校群の場合について、また図 10 は、金原・山口らの研究をもとにして、股関節伸展力（スウィング型）と膝伸展力（ピストン型）との関係を示したものである。

これらの資料から次のことがわかる。

① 体重および筋力に関する筋の横断面積の指標と見られる形態は、いずれも平均値で見ると、投とき群は最も大きく、中長距離群は最も小さい。跳躍群は短距離群とほぼ同じ水準にある。いずれの項目も男子が女子より大きく、アジア群は高校群とほぼ同じ水準にあり、中学群より大きい。

体脂肪率は、投とき群、跳躍および短距離群、中長距離群の順に高く、女子は男子に比べて著しく高い（表 4）。

② 身体各部位の筋力は、平均値で見ると、いずれの測定項目においても、投とき群が最も大きく、中長距離群が最も小さい。跳躍群は、屈腕力と握力では短距離群とほぼ同じ水準にあるが、背筋力、膝伸展力（スウィング型）、膝伸展力（ピストン型）では短距離群よりも大きい。いずれの項目でも男子が女子よりも大きい。発育段階別に見ると、アジア群男子は高校群男子に比べて背筋力、屈腕力、握

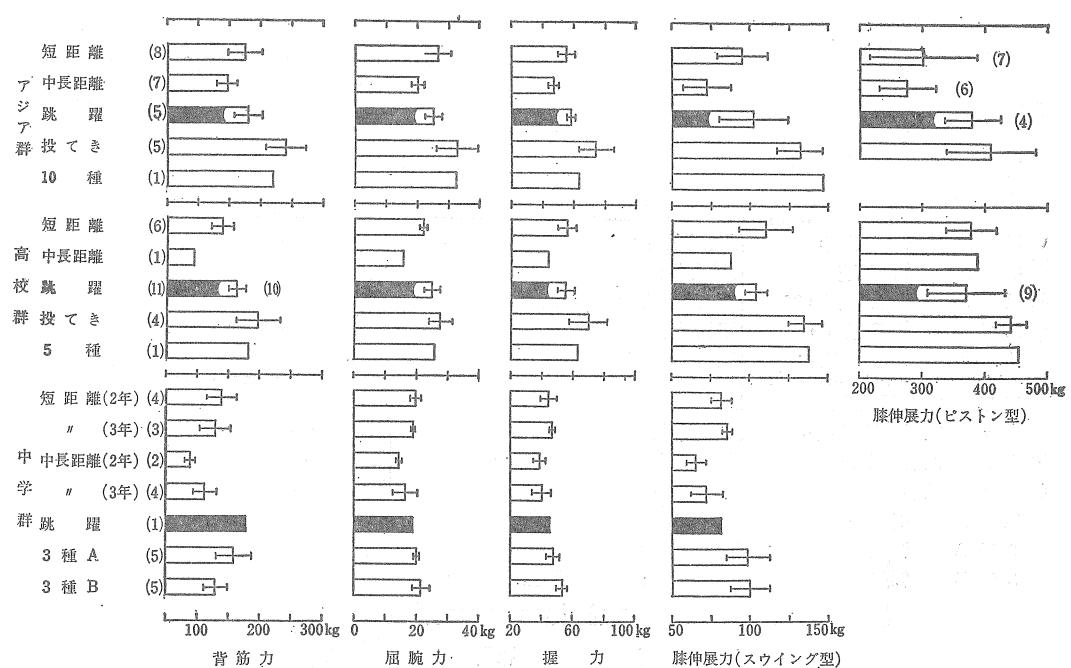


図7-1(1) 静的な出力としてとらえた筋力、その1-1

——身体各部位の筋力、男子の場合——

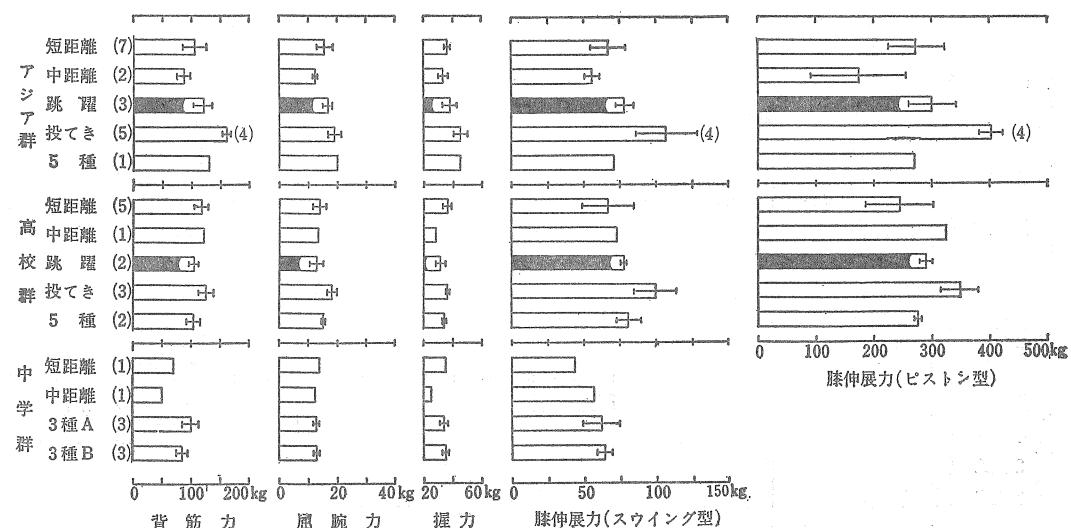


図7-2(1) 静的な出力としてとらえた筋力、その1-2

——身体各部位の筋力、女子の場合——

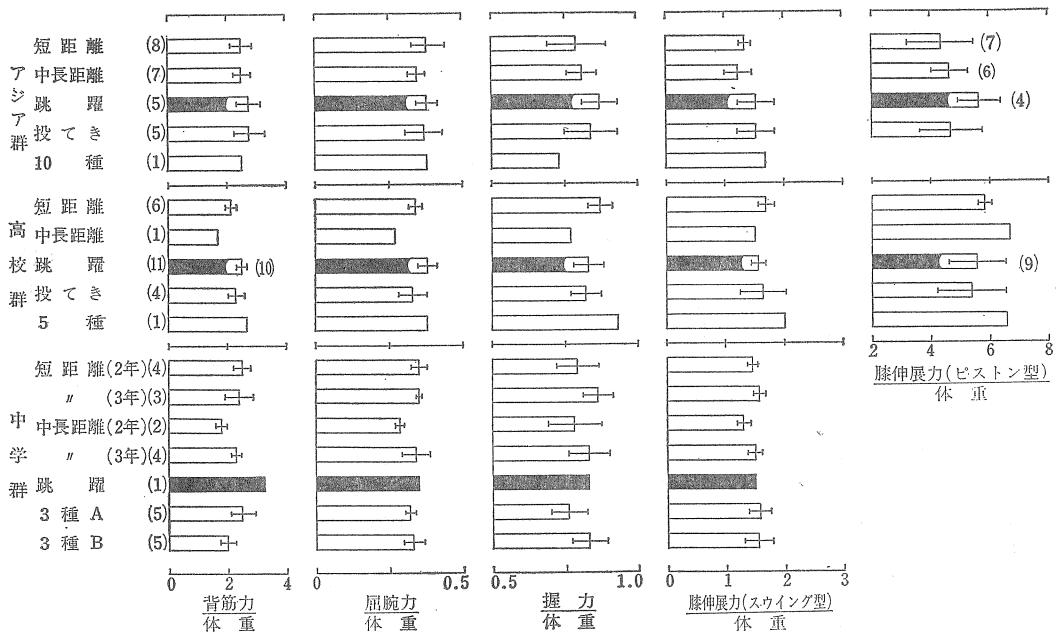


図 8-(1) 静的な出力としてとらえた筋力、その 2-1
——身体各部位の単位体重当たりの筋力、男子の場合——

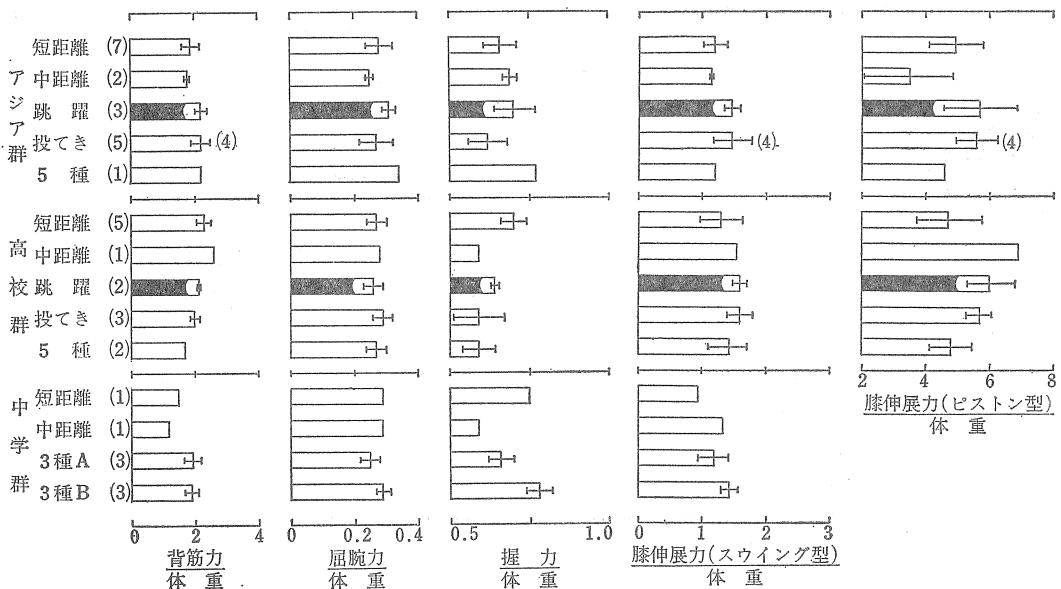


図 8-(2) 静的な出力としてとらえた筋力、その 2-2
——身体各部位の単位体重当たりの筋力、女子の場合——

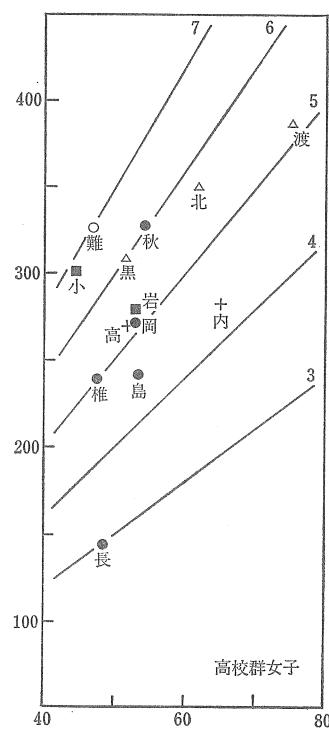
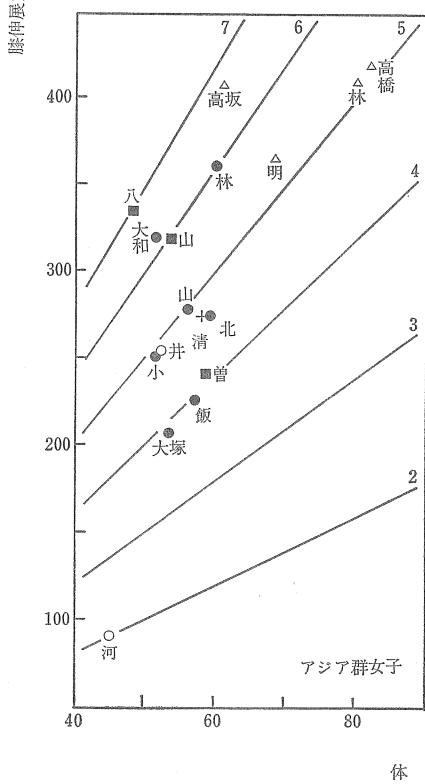
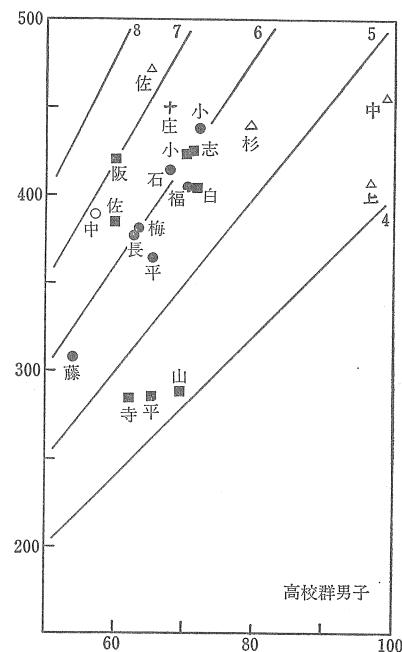
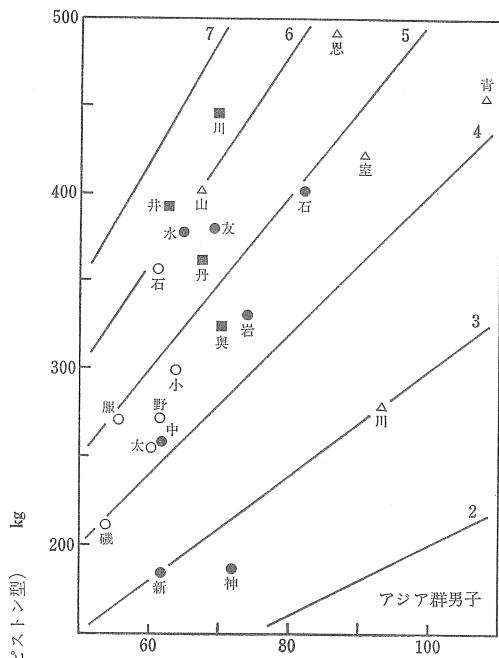


図9 静的な出力としてとらえた筋力、その3

—体重と関連づけてとらえた膝伸展力（ピストン型）—

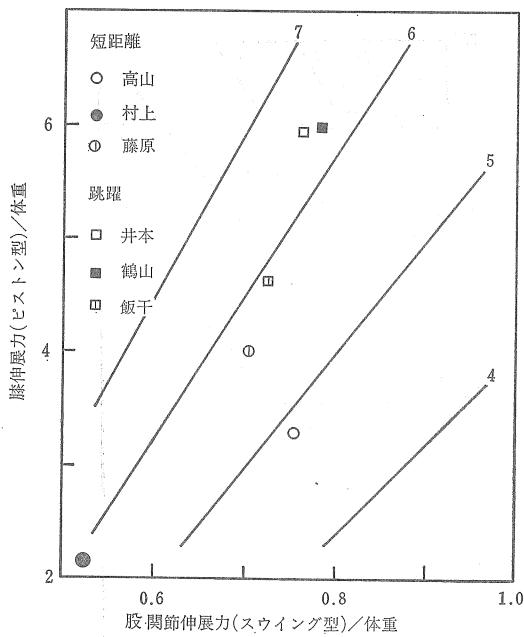


図10 静的な出力としてとらえた筋力、その4
——短距離選手、跳躍選手の股関節伸展力（スウィング型）と膝伸展力（ピストン型）との関係、金原・山口ほか、1975——

力などにすぐれ、膝伸展力（スウィング型）膝伸展力（ピストン型）などに劣る傾向がある。女子では、アジア群と高校群の間には、いずれの筋力にも差がない。中学群は、男女とも、アジア群、高校群より劣っている（表5、図7—(1)・(2)）。

③ 身体各部位の筋力を単位体重当たりでとらえると、背筋力、膝伸展力（スウィング型）、膝伸展力（ピストン型）では、跳躍群は投てき群とほぼ同じ水準にあり、短距離、中長距離群より大きい傾向が認められる。屈腕力、握力には顕著な種目差は見られない。男子は女子に比べて単位体重当たりの背筋力、握力、屈腕力ではすぐれているが、膝伸展力（スウィング型）、膝伸展力（ピストン型）では両者間に差は認められない。また、いずれも发育段階差はほとんど見られない（表5、図8—(1)・(2)）。

④ 単位体重当たりの膝伸展力（ピストン型）を跳躍選手について個人別に吟味すると、アジア群男子の川越（走幅跳）、井上（三段跳），

高校群男子の阪西（走高跳）、佐久間・志村（走幅跳）、石井・小西（棒高跳）、アジア群女子の八木（走高跳）、山下（走幅跳）、高校群女子の小暮（走高跳）がすぐれている（ピストン型の膝伸展力が体重の6倍以上）（図9）。

⑤ 単位体重当たりの股関節伸展力（スウィング型）には、跳躍選手と短距離選手の間にほとんど差が認められない。単位体重当たりの膝伸展力（ピストン型）では、跳躍選手が短距離選手より著しく大きい（図10）。

上述した諸結果をもとにすると、第1に、跳躍選手と短距離選手の間には、下肢筋群の発達に著しい違いのあることがわかる。両者の間では、大腿四頭筋にはほとんど差がないのに、跳躍選手は短距離選手に比べて、膝をピストン型およびスウィング型で伸展する筋力にすぐれていること、短距離選手は膝伸展力（ピストン型）に比して、下肢全体を後方にスウィングする筋力（股関節伸展力）にすぐれていることなどから、跳躍選手は大腿四頭筋が、短距離選手は臀部の筋、大腿二頭筋が発達していると考えられる。このような相違は、一つには両者の専門種目における動きやトレーニング内容の違いなどによって生じたとみられる。

跳躍選手について見ると、膝伸展力（ピストン型）の大きい者はいずれの種目にも見られ、各種目に特有な傾向は認められなかった。

第2に、跳躍選手は、投てき選手とともに背筋力にすぐれていることが認められた。このことは、跳躍や投てき種目では、踏切や投げの局面で上体の姿勢を保持するのに大きな力が要求されることを示すものと言えよう。

第3に、膝をスウィング型およびピストン型で伸展する筋力では、投てき選手は跳躍選手よりすぐれているが、単位体重当たりでとらえた筋力には両者間に差のないことが認められた。投てき選手は、脚以外の他の筋力が発達していること、全体に体脂肪率の高いことなどが、単位体重当たりでとらえた筋力を小さくしている主な原因と考えられる。下半身のローガー型の出力パワーが要求される跳躍競技者は、膝を伸展する筋力にすぐれているのみでなく、単位体重当たりの筋力にもすぐれ

ていなければならぬ。また、上半身のローギャー型の出力パワーが要求される投げき競技者には、単位体重当たりの膝伸展力をいくらか下げるのも、脚以外の部位の筋力を発達させが必要にならう。

このほか、①高校群男子はアジア群男子に比べて、上体の筋力はわずかに劣るが下肢の筋力はすぐれていること、②女子は男子に比べて、単位体重当たりでとらえた上体の筋力は劣るが、下肢の筋力には差のことなど認められた。これらの差は、性差や発育段階差のほかに、トレーニング内容の違いによって生じたと考えられる。

このように考察してみると、跳躍競技者が目指す種目でよい成績をあげるために、膝を伸展するのに働く筋力、および上体の姿勢を保持するのに働く筋力などを十分に、しかも単位体重当たりでとらえても大きくなるように発達させる必要があろう。また、跳躍競技者のなかでも、特に走高跳では、ローギャー型の出力パワーが要求されるのでピストン型の膝伸展力に有利な、長さから見た身体の形態条件を備えていることが望ましい。それは、すでに考察したように、実際の測定によって得られた静的な出力としてとらえた筋力の大きさや出力パワーの特性などは、身体各部位の長さの割合から見た形態の違い、筋の骨への付着部位などの違いによって影響されるからである。

3. 反応の速さ、切り換えの速さ、などに関する機能特性について

表6は、全身反応時間(動作開始時間、筋収縮時間)、ステッピング、サイドステップの種目別平均値を、性別、発育段階別に示したものである。

この表から次のことがわかる。

① 全身反応時間(動作開始時間、筋収縮時間)の平均値には、種目差は認められない。

ステッピングおよびサイドステップでは、中長距離群が他の群に比べてわずかに劣る傾向がある。また、いずれの測定項目においても、性差、発育段階差はほとんど認められない(表6)。

これらの結果は、運動に働く神経機能は発育の早期に発達し、トップレベルの選手では、専門種

目に関係なくいづれの群も神経機能にすぐれていることを示すものと考えられる。

4. isometric, concentric および eccentric な筋収縮から見た静的あるいは動的な出力パワーの特性について

(1) isometric な筋収縮から見た出力パワーの特性

表7は、isometric な筋収縮による、瞬発的に出し得る膝伸展力(ピストン型)の種目別平均値を、性別、発育段階別に示したものである。 λ と fm/w は力の立ち上がり特性を $f/w = fm/w(1 - e^{-\lambda t})$ によって定量化した場合の係数を、瞬発的

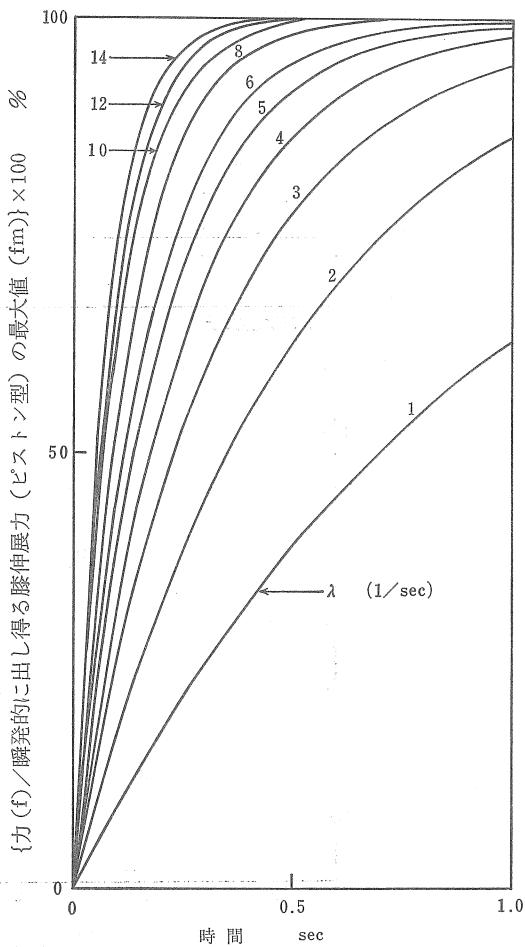


図11 isometric な筋収縮から見た出力パワー、その1
——瞬発的に出し得る膝伸展力(ピストン型)
の立ち上がりを $f/w = fm/w(1 - e^{-\lambda t})$ で定量化
した場合の係数入の特性——

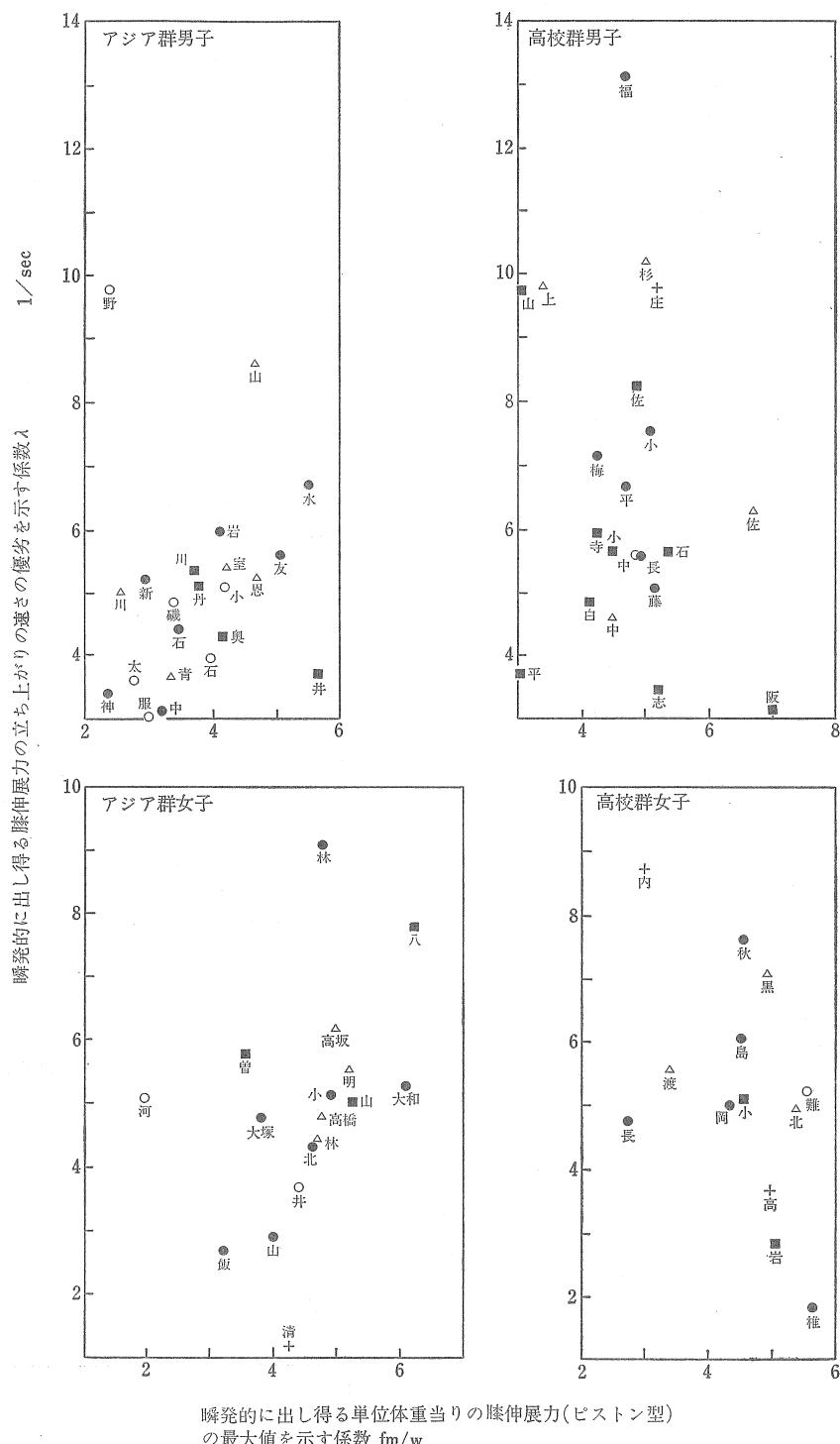


図12 isometric な筋収縮から見た出力パワー, その2
——瞬発的に出し得る膝伸展力(ピストン型)の立ち上がりを $f/w = fm/w (1 - e^{-\lambda t})$ で定量化した場合の係数 fm/w と λ との関係——

に膝を伸展した場合の1秒目の力／体重は上式で求めた1秒目の力を、最右欄の数値は瞬発的に膝を伸展した場合の1秒目の力を膝伸展力（ピストン型）の最大値（図9参照）で除した値を示す。

図11は上式による係数 λ の特性を示したもので、この図から、 fm/w の大小にかかわらず、 λ が大きいほど力の立ち上がりの急峻なことがわかる。

図12は係数 fm/w と λ との関係を、図13は単位体重当たりでとらえた膝伸展力の最大値と瞬発的

に膝を伸展した場合の1秒目の力との関係を、図14-(1)・(2)は各選手の1秒目までの力の立ち上がり方を示したものである。

これらの資料から次のことがわかる。

① 力の立ち上がりの優劣を示す係数 λ は個人差が著しく、各種目に特有な傾向は認められない。また、 λ には、高校群の男子がわずかにすぐれていることを除けば、性差、発育段階差は認められない。

跳躍選手のなかで、 λ が大きく力の立ち上

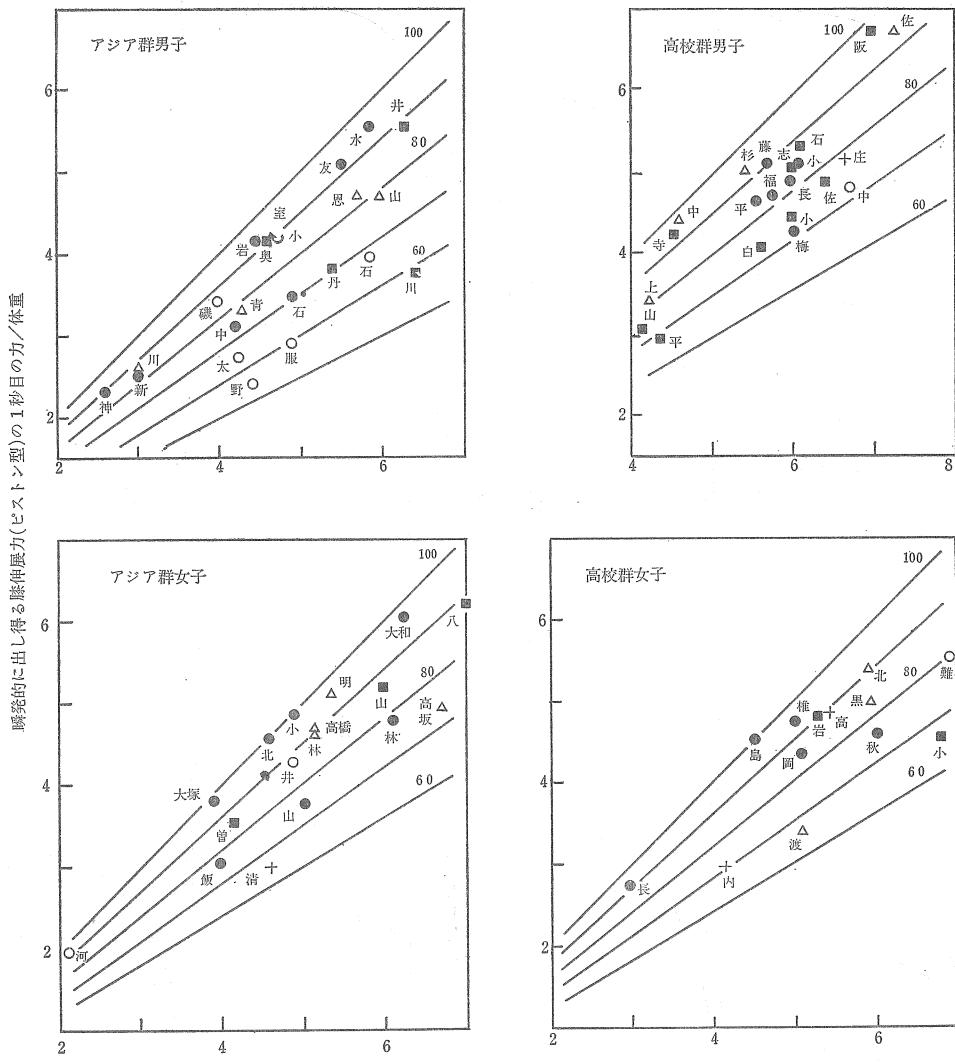
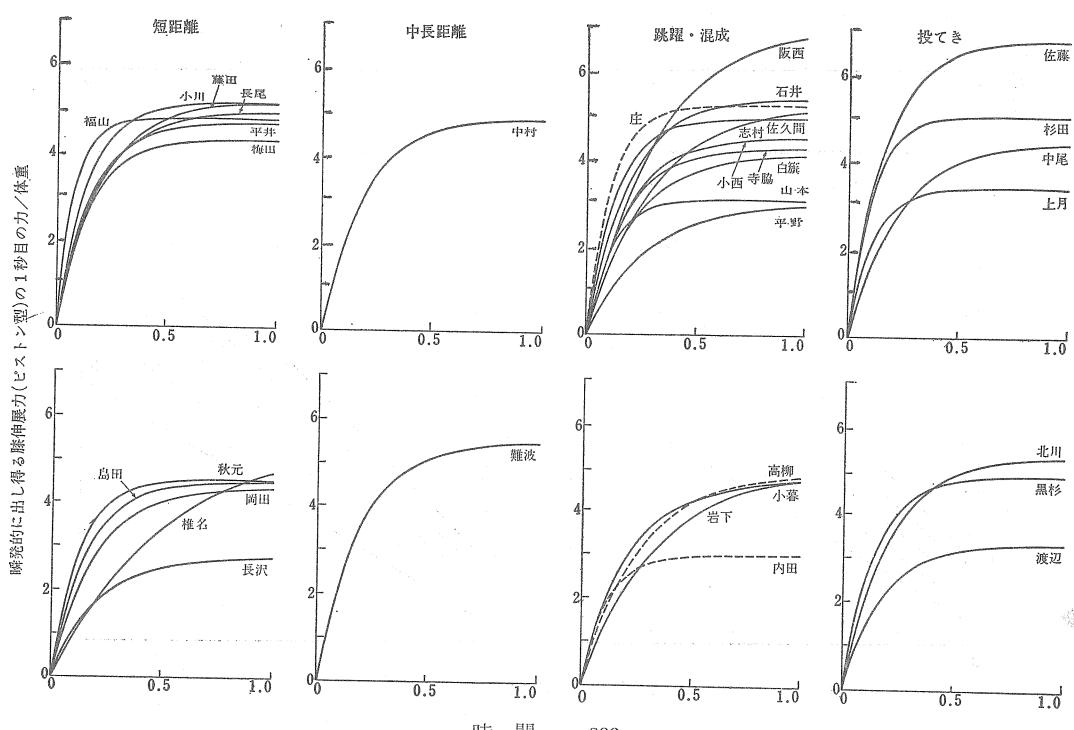
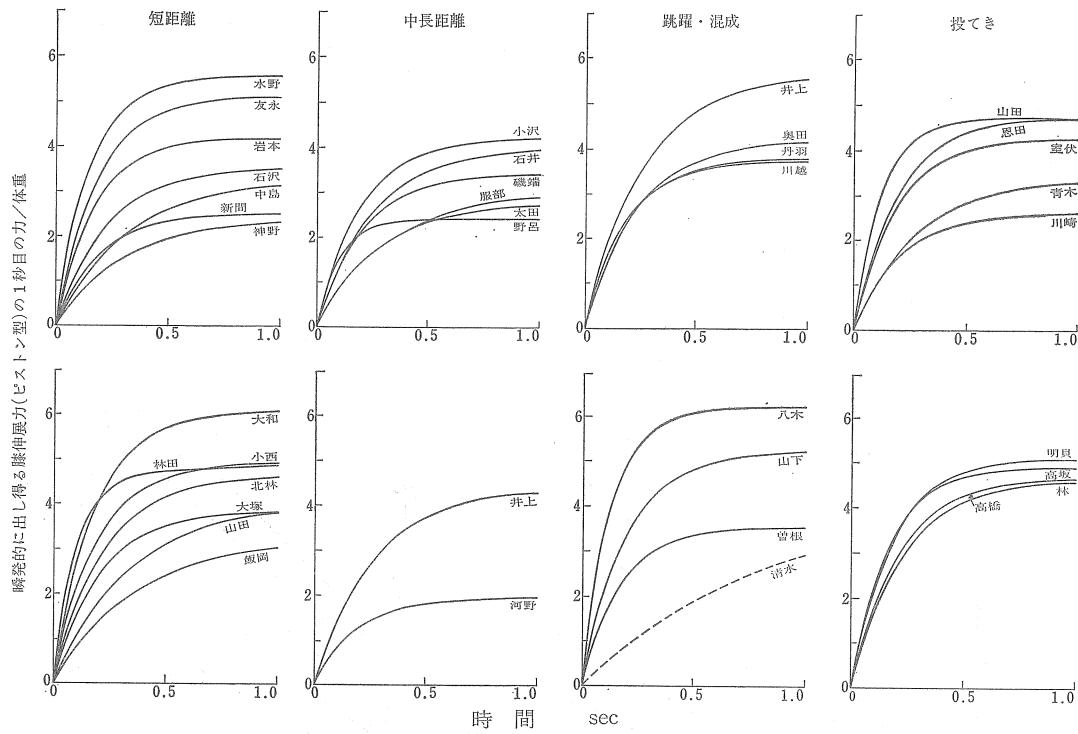


図13 isometric な筋収縮から見た出力パワー、その3

——最大膝伸展力（ピストン型）（図9参照）と瞬発的に出し得る膝伸展力（ピストン型）の1秒目の力との関係——



がりの速さにすぐれているのは、アジア群男子の川越（走幅跳）、丹羽（棒高跳）、高校群男子の山本・寺脇（走高跳）、佐久間（走幅跳）、小西・石井（棒高跳）、アジア群女子の八木・曾根（走高跳）、山下（走幅跳）、高校群女子の小暮（走高跳）である（ λ が 5 以上）（表 7、図 12）。

- ② 瞬発的に力を発揮した場合の膝伸展力の最大値を示す係数 fm/w は、平均値について見ると、跳躍群、投てき群が短距離群より大きく、中長距離群は最も小さい傾向がある。しかし、いずれの群も個人差が大きい。また fm/w を性別、発育段階別に比較すると、アジア群の男子がわずかに劣ることを除けば、性差、発育段階差は認められない。

跳躍群のなかで、 fm/w の大きい選手は、アジア群男子の井上（三段跳）、高校群男子の阪西（走高跳）、志村（走幅跳）、石井（棒高跳）、アジア群女子の八木（走高跳）、山下（走幅跳）、高校群女子の岩下（走幅跳）である（ fm/w が 5 以上）（表 1、図 12）。

- ③ 係数 fm/w と λ との間には有意の相関はない。

跳躍群のなかで、 fm/w が大きく、しかも λ の大きい選手は、高校群男子の石井（棒高跳）、アジア群女子の八木（走高跳）、山下（走幅跳）である（ fm/w 、 λ がともに 5 以上）（図 12）。

- ④ 瞬発的に膝を伸展した場合の 1 秒目の力の平均値には、 fm/w の結果とほぼ同じ傾向がある。これを膝伸展力の最大値に対する割合で見ると、平均値では、アジア群の女子を除けば、一般に中長距離群は他の群に比べて小さい傾向がある。中長距離群を除く他の種目群間では差がほとんど認められない。また、この割合には、性差、発育段階差も認められない。各群ともに個人差が著しい。

跳躍群のなかで、この割合の大きい選手には、アジア群男子の井上（三段跳）、奥田（走高跳）、高校群男子の志村（走幅跳）、阪西・寺脇（走高跳）、石井（棒高跳）、アジア群女子の八木・曾根（走高跳）、山下（走幅跳）

があげられる（膝伸展力の最大値に対する割合が 80% 以上）（表 7、図 13）。

- ⑤ fm/w 、 λ が大きく、しかも瞬発的に膝を伸展した場合の 1 秒目の力が膝伸展力の最大値に近い選手には、跳躍群では高校群男子の石井（棒高跳）、アジア群女子の八木（走高跳）、山下（走幅跳）、短距離群ではアジア群男子の水野・友永、高校群男子の藤田・小川、アジア群女子の大和、投てき群ではアジア群女子の明貝（ヤリ投）があげられる（図 12・13・14）。

上述した諸結果から、isometric な筋収縮における力の立ち上がりの速さの優劣を示すには、高校群男子が平均的に見てすぐれていたことを除けば種目差、性差、発育段階差のないこと、跳躍群のなかで、特に λ の大きい選手を吟味しても、各種目に特有な傾向のみられないことがわかる。 λ が神経・筋機能のうちでも、主に神経機能の優劣をとらえているとすると、トップレベルの選手では専門種目に関係なく、全て神経機能にすぐれていることを示すものとも考えられる。

λ は、各選手の出し得る最大筋力よりも瞬発的に力を発揮する場合の力の最高水準が低くなると、大きくなるということを考慮する必要がある。中長距離選手は結果④に示すように、平均的に見て両者の差が他の群に比べて大きいので、実質的には、isometric な筋収縮における力の立ち上がりの速さは他の 3 群に比べて劣るものと考えられる。

isometric なパワーに特にすぐれた選手のなかに、投てき選手が少なかったのは、力を単位体重当りでとらえたことが原因している。投てき選手の場合には、筋力にすぐれても、脚以外の部位の質量が大きく体脂肪も多いため、単位体重当りで力をとらえると短距離、跳躍選手より不利になるからである。

このように吟味してみると、個人別に λ 、 fm/w を解釈する場合にも、上述した二つのことに注意を払う必要があろう。

一流跳躍選手が静的な出力パワーにすぐれていこと、踏切ではローギャー型の出力パワーの要求されることなどから、跳躍競技者には isometric

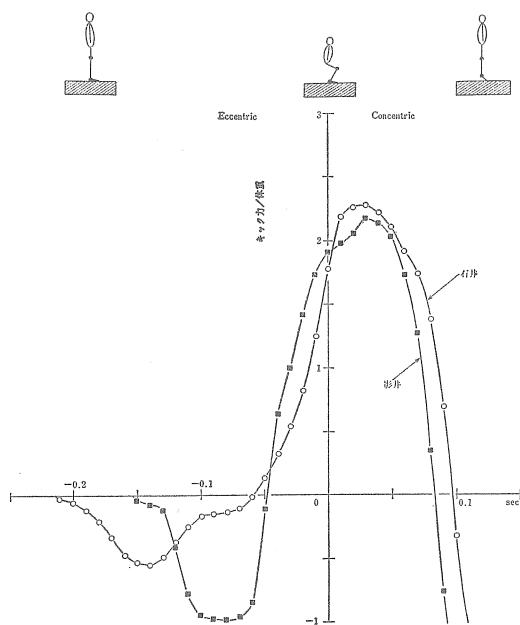


図15-(1) concentric, eccentric な筋収縮から見た出力パワー, その 1
——振込なし反動垂直跳の力・時間曲線,
重心の変位が15~20 cm・男子の場合——

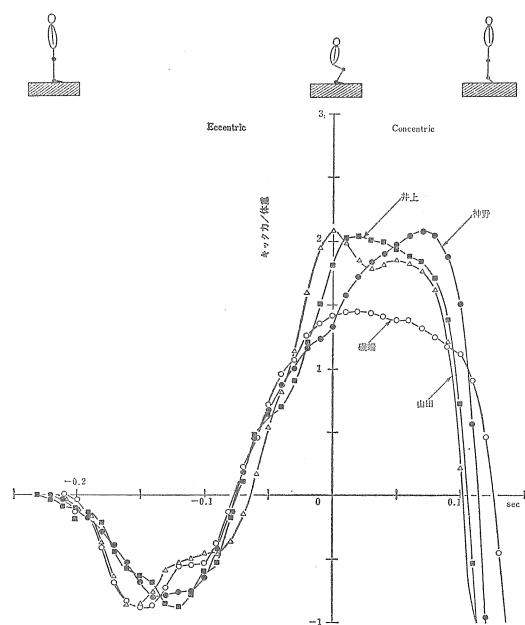


図15-(3) concentric, eccentric な筋収縮から見た出力パワー, その 3
——振込なし反動垂直跳の力・時間曲線,
重心の変位が25~30 cm・男子の場合——

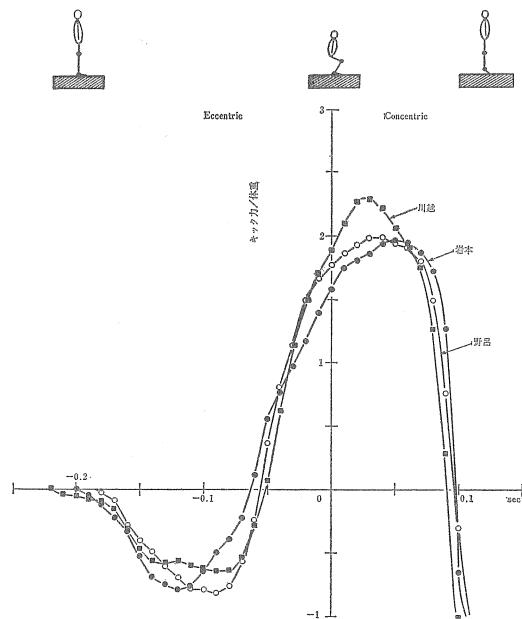


図15-(2) concentric, eccentric な筋収縮から見た出力パワー, その 2
——振込なし反動垂直跳の力・時間曲線,
重心の変位が20~25 cm・男子の場合——

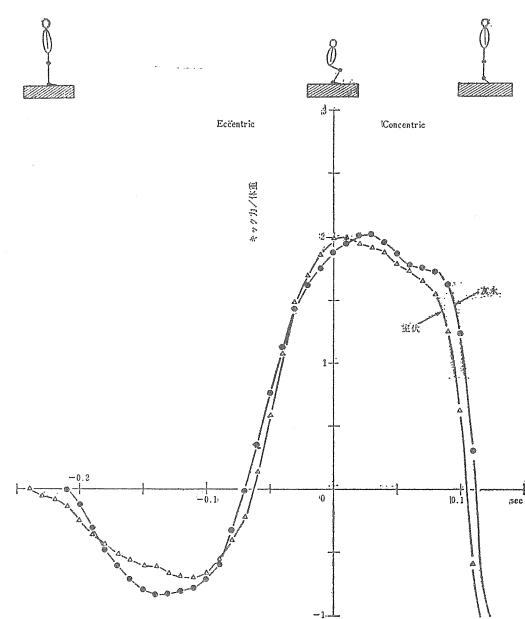


図15-(4) concentric, eccentric な筋収縮から見た出力パワー, その 4
——振込なし反動垂直跳の力・時間曲線,
重心の変位が30~35 cm・男子の場合——

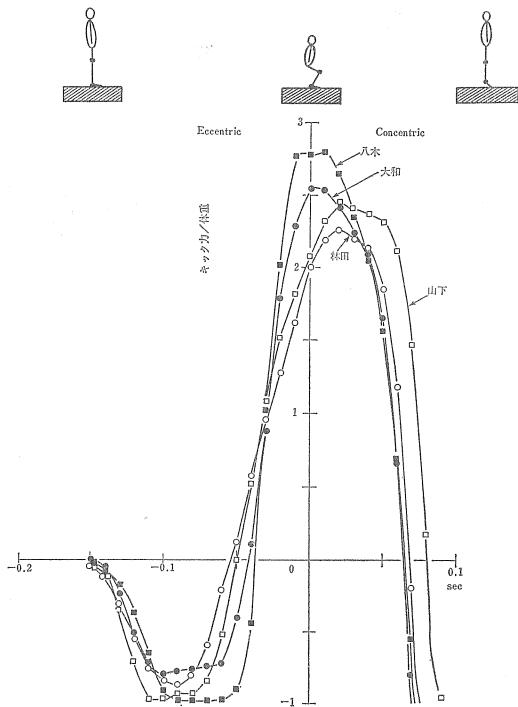


図15-(5) concentric, eccentric な筋収縮から見た出力パワー, その5
——振込なし反動垂直跳の力・時間曲線,
重心の変位が15~20cm・女子の場合——

ric な静的出力パワーも重要であって, isometric な筋収縮で力を瞬発的に発揮するような手段をもパワートレーニングに積極的に取り入れる必要があるのではなかろうか。

(2) concentric および eccentric な筋収縮から見た動的な出力パワーの特性

表8は, 振込なし反動垂直跳における成績(踏切中の身体重心の最高速度)を, 身体重心の変位(踏切中の身体重心の下方への移動距離)と関連づけて示したものである。

表8からわかるように, 振込なし反動垂直跳の実験試技は, 選手によって試技条件がいくらか異なっている。

したがって, ここでは, 身体重心の変位がほぼ同じになった場合を同一試技条件とみなし, 各同一試技条件別に比較していくことにする。

図15-(1)~(5)は, 振込なし反動垂直跳の力・時間曲線を各同一試技条件別に示したものである。(1), (5)は身体重心の変位がそれぞれ15~20cm, (2)

は20~25cm, (3)は25~30cm, (4)は30~35cmの場合を, また, (1)~(4)は男子, (5)は女子の場合を示す。ここでは, 各同一試技条件別に, 原則として, 短距離, 中長距離, 跳躍, 投てきの各群のなかから, 成績のよかつた選手の結果を選んで事例的に比較していくことにする。

各図における横軸の時間は, 身体重心の最下点を基準にして示しているので, 身体重心に着目すると, 時間の負の局面では negative な仕事を, 正の局面では positive な仕事をしていることになる。両腕, 胴体などの振込を使わないので行う反動垂直跳では, 時間の基準点0は膝が最も深く曲がった時点と同じである。したがって, 主働筋の筋収縮に着目すると, 時間が負で力が上昇していく局面では eccentric な筋収縮で, 時間が正の局面では concentric な筋収縮で力を出していることになる。

図15-(1)~(5)から, 跳躍選手の身につけている eccentric および concentric な出力パワーの特性に関連して, 順に, 次のことがわかる。

- ① 影井(走高跳)の力・時間曲線は, eccentric な筋収縮での力の立ち上がりが石井(中距離)より急峻である。しかし, concentric な筋収縮では, 石井が全体にわたって大きな力を出している(図15-(1))。
- ② 川越(走幅跳)の力・時間曲線は, 岩本(短距離), 野呂(中距離)に比べて eccentric な筋収縮での力の立ち上がりが急峻であり, また, concentric な筋収縮では身体重心の速度の小さい初期の局面で大きな力が出ていている。
- ③ concentric な筋収縮での身体重心の速度が大きくなっている最終局面では, 岩本が最も大きな力を出している(図15-(2))。
- ④ 井上(三段跳), 山田(ヤリ投)の力・時間曲線は, 先に示した川越(走幅跳)の場合と, 神野(短距離)の力・時間曲線は, 先に示した岩本(短距離)の場合と, それぞれほぼ同じ傾向を示している。神野は身体重心の速度が大きくなった concentric な筋収縮の後半の局面できわめて大きな力を出している。磯端(長距離)は eccentric および

concentric な筋収縮の全ての局面で他の 3 選手より力が小さい（図15—(3)）。

- ④ 友永（短距離）の力・時間曲線は、先に示した岩本・神野（短距離）の場合と、室伏（ハンマー投）の力・時間曲線は、先に示した山田（やり投）の場合と、それぞれほぼ同じ傾向を示している（図15—(4)）。
- ⑤ 八木（走高跳）の力・時間曲線は、先に示した川越・井上（跳躍）の場合と、林田(100 H) の力・時間曲線は、先に示した岩本・神野（短距離）の傾向とほぼ同じである。八木では、eccentric な筋収縮での力の立ち上がりがきわめて急峻であり、concentric な筋収縮での身体重心の速度の小さい局面できわめて大きな力が出ている。山下（走幅跳）では concentric な筋収縮で大きな力がでている。大和（短距離）の力・時間曲線は、八木に似た傾向を示している（図15—(5)）。

これらの結果をもとにすると、跳躍選手は、一般に eccentric な筋収縮における出力パワー、concentric な筋収縮でのローギャー型の出力パワーに特にすぐれていること、短距離選手は、concentric な筋収縮でのハイギヤー型の出力パワーに特にすぐれていることがわかる。また、投てき選手のパワー特性は跳躍選手とほぼ同じであること、中長距離選手は他の 3 群に比べていづれのパワーにも劣っていることなどがわかる。

垂直跳における concentric な筋収縮で、跳躍選手はローギャー型の出力パワーに、短距離選手はハイギヤー型の出力パワーにすぐれていたという結果は、川初・猪飼ら⁹⁾の、跳躍選手の脚伸展最大パワーは、短距離選手よりスピードの遅い、大きな力の要求される条件下で出現するという報告と同じような結果を別の形でとらえたものと言えよう。しかし、跳躍選手のなかでも、走高跳を除く他の種目では、山下（走幅跳）らの結果からも示唆されるように、ハイギヤー型の concentric な出力パワーにもすぐれていなければならぬことがわかる。

跳躍選手が eccentric およびローギャー型の concentric な出力パワーにすぐれ、短距離選手がハイギヤー型の concentric な出力パワーにす

ぐれていた主な原因には、両者のトレーニング内容の差のほかに、出力パワーに関係する形態、筋の質などに差のあることなどが考えられる。神野（短距離）は下肢長、下腿長および身長に対する下肢長、下肢長に対する下腿長のいずれもが小さく、しかも、膝伸展力（ピストン型）が小さいにもかかわらず、concentric なハイギヤー型の出力パワーに特にすぐれているのは、筋の骨への付着部位がハイギヤー的パワーを出すのに有利な位置になっていること、足首や膝をハイギヤー型の concentric な筋収縮ですばやく伸ばすことできるような質的特性のある筋をもっていることなどが原因していると考えられる。

このように考察してくると、①跳躍競技者は脚や腰部の諸筋が eccentric な筋収縮によって大きな出力パワーを出すことができるのみでなく、concentric な筋収縮でのローギャー型の出力パワーにもすぐれていることが重要であること、②走高跳を除く他の種目、たとえば走幅跳では、concentric な筋収縮でのハイギヤー型の出力パワーにすぐれていることもきわめて重要であることがわかる。したがって、跳躍競技者は、専門種目に要求されるよい動きが身につけられるような手段を用いて、それぞれの種目に要求されるパワーを計画的に高めていくことがトレーニングの最も重要な課題になろう。

IV 結論

1. 測定結果に関連して

跳躍選手の身につけているパワーから見た身体特性に関する研究結果を測定項目と関連づけて要約すると次のようになろう。

(1) 跳躍選手のパワーから見た身体の形態特性について

1) 静的な出力としての筋力、出力パワーなどに関係する、身体各部位の長さおよび長さの割合から見た身体の形態特性をとらえようとした、身長・座高・上肢長・下肢長・大腿長・下腿長・(上肢長/身長) × 100・(下肢長/身長) × 100・(大腿長/下肢長) × 100・(下腿長/下肢長) × 100などの平均値の比較から次のことがわかった。

- ① 身体各部位の長さでは、跳躍群は短距離群とほぼ同じ水準にあり、投てき群より小さく、中長距離群より大きい。
- ② 身体各部位の長さの割合では、跳躍群と他の群との間には差は認められない。しかし、跳躍群を個人的に吟味すると、身長に対して上肢長の長い選手は棒高跳・走高跳を、身長に対して下肢長の長い選手は走高跳を、下肢長に対して下腿長の長い選手は走幅跳などを専門種目にしている傾向がある。
- 2) 静的な出力としての筋力、出力パワーなどに関する、身体各部位の太さから見た形態特性をとらえようとした、体重・体脂肪率・胸囲・伸展上腕囲・前腕囲・大腿囲・下腿囲などに関する各群の平均値の比較から次のことがわかった。
- ① 身体各部位の太さでは、跳躍群は短距離群とほぼ同じ水準にあり、投てき群より小さく、中長距離群より大きい。
- ② 体脂肪率は投てき群が最も高く、短距離群、跳躍群は高くはないが、中長距離群よりは高い。
- (2) 跳躍選手のパワーから見た身体の機能特性について
- 1) 静的な出力としての筋力および単位体重当たりの筋力の特性をとらえようとした、背筋力・屈腕力・握力・膝伸展力(スwing型)・膝伸展力(ピストン型)・股関節伸展力(スwing型)などの平均値の比較から次のことがわかった。
- ① 屈腕力・握力では、跳躍群は短距離群とほぼ同じ水準にあり、背筋力・膝伸展力(スwing型)・膝伸展力(ピストン型)では短距離群よりすぐれている。いずれも投てき群より小さく、中長距離群より大きい。
- ② 単位体重当たりでとらえた背筋力・膝伸展力(スwing型)・膝伸展力(ピストン型)は、跳躍群は投てき群とほぼ同じ水準にあり他の2群より大きい。
- ③ 跳躍群は短距離群に比べて、膝伸展力(ピストン型)にすぐれているが、股関節伸展力(スwing型)には差が認められない。
- 2) 反応の速さ、切り換えの速さなどの特性をとらえようとした、全身反応時間・ステッピング・サイドステップなどに関する平均値の比較から次のことがわかった。
- ① 全身反応時間では、跳躍群と他の3群との間に差は認められない。
- ② ステッピング・サイドステップでは、跳躍群は短距離・投てき群とともに、中長距離群よりすぐれている。
- 3) isometric な筋収縮による力の立ち上がり(静的な出力パワー)特性をとらえようとした、瞬発的に出し得る膝伸展力(ピストン型)の測定結果から次のことがわかった。なお、力の立ち上がり特性は、力・時間曲線を $f/w = fm/w (1 - e^{-kt})$ で定量化し、係数 λ および fm/w 、上式での1秒目の力などを求めて探ろうとした。
- ① 力の立ち上がりの速さの優劣を示す係数 λ では、各群に差がなく跳躍群に特有の傾向は認められない。
- ② 瞬発的に出し得る単位体重当りの膝伸展力(ピストン型)の最高水準を示す係数 fm/w では、跳躍群は投てき群とともに短距離群、中長距離群より大きい。
- ③ 瞬発的に出し得る膝伸展力(ピストン型)の1秒目の力を膝伸展力(ピストン型)の最大値で除した値では、跳躍群は短距離群・投てき群とほぼ同じで、中長距離群より高い。
- ④ ①・②・③の結果を総合すると、瞬発的に出し得る膝伸展力(ピストン型)(静的な出力パワー)では、跳躍群は投てき群とともに最もすぐれている。
- 4) concentric および eccentric な筋収縮における出力パワー(動的な出力パワー)特性をとらえようとした、振込なし反動垂直跳における力・時間曲線の測定結果から次のことがわかった。
- ① eccentric な筋収縮による出力パワーおよび concentric な筋収縮によるロギア型の出力パワーでは、跳躍群は投てき群とともに他の2群よりすぐれている。
- ② concentric な筋収縮によるハイギア型の出力パワーでは、跳躍群は短距離群より劣るが、他の2群よりはすぐれている傾向がある。

2. 適性診断およびトレーニングに関連して

測定結果とその考察をもとにすると、跳躍競技者の適性診断およびトレーニングに関連して、次のいくつかの基礎的示唆を引き出すことができよう。

(1) 適性診断に関連して

1) 素質に恵まれた跳躍競技者を見つめたり、跳躍選手の身につけている適性を診断するには、身体各部位の長さおよび太さから見た形態特性を、本研究で用いた諸項目などによって測定し、次に列挙する示唆を参考にして適性を吟味していくことが役立つであろう。

① 跳躍種目の中でも、特に走高跳では長身者が有利である。

② 身体各部位の長さに着目すると、棒高跳では身長に対して上肢の長い形態が、走高跳では身長に対して上肢および下肢が長く、下肢長に対していくらか大腿長の長い形態が、走高跳を除く他の種目では下肢長に対していくらか膝から下の長い形態が有利になろう。

③ いずれの跳躍種目においても、体脂肪の少ないことが有利になる。

④ いずれの跳躍種目においても、膝を伸展するのに働く大腿四頭筋、上体の姿勢を保持するのに働く背および腹部の筋群が特に発達していることが有利になる。

⑤ 棒高跳では上肢の筋群が、走高跳を除く他の種目では、下肢全体を後方にスwingするのに働く臀部の筋群、大腿二頭筋などが発達していることが特に有利になる。

なお、跳躍や疾走などに使われる主働筋の骨への付着位置を手軽に測定できれば、適性の診断の重要な資料になるであろう。

2) 素質に恵まれた跳躍競技者を見つめたり、跳躍選手の身につけている適性を診断するには、パワーから見た身体の機能を、本研究で用いた諸項目などによって測定し、次に列挙する示唆を参考にして適性を吟味することが役立つであろう。

① いずれの跳躍種目においても、各種目で使われる主働筋の筋力にすぐれているのみでなく、単位体重当たりでとらえた筋力にもすぐれ

ていることが有利になる。

② いずれの跳躍種目においても、背および腹部の筋群が isometric な収縮での瞬発的な力の発揮（静的出力パワー）にすぐれていること、膝を伸展するのに働く筋群が concentric な筋収縮におけるローギア一型の出力パワーおよび eccentric な筋収縮における出力パワーにすぐれていることが有利になろう。

③ 棒高跳では上肢の筋群が concentric な筋収縮におけるローギア一型の出力パワーにもすぐれていること、走高跳を除く他の種目では、下肢全体を後方にスwingするのに働く筋群が concentric な筋収縮におけるハイギア一型の出力パワーにもすぐれていることが有利になろう。

(2) トレーニングに関連して

1) 適性診断に関連して列挙した示唆事項は、身体各部位の長さに関連する形態特性を除いて、全てそのまま跳躍競技者のパワートレーニングの目標に関連する示唆ともなるものである。

2) 跳躍各種目に要求される太さから見た形態特性は、合理的な筋力トレーニング処方によって計画的に身につけることが可能である。これらの処方では、身についた筋力（量的に発達した筋）をそれぞれの種目で効果的に使えるように、筋収縮に着目して、 isometric な手段、 concentric な手段、 eccentric な手段、混合手段などを、それぞれの種目の動きをも考えて体系的に準備し、トレーニングに計画的に取り入れていく必要がある。

3) 跳躍各種目に要求されるパワーを効果的に高めるには、それぞれの種目の動き、動きに内在する筋収縮の種類、動きに要求される力およびスピードの大きさ、などに着目してパワートレーニング手段を体系的に準備し、トレーニングに計画的に取り入れていく必要がある。

本研究にあたって、東京教育大学スポーツ研究施設の斎藤慎一先生、同大学院（解剖学）の森田泰博・竹内京子両君などには測定で、同大学院（体力学）の李 京済・山口幸雄・塩田正俊君などには測定および資料整理で多大な御協力を得ました。ここに、深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 金原 勇：パワーのトレーニング，身体運動の科学 I Human Power の研究（キネシオロジー研究会編），244～265，杏林書院，1974
- 2) 金原 勇，山口幸雄ほか：短距離選手と跳躍選手のパワー特性の比較，未発表資料
- 3) 日本陸上競技連盟科学委員会編：日本陸連方式体力測定法，講談社，1975
- 4) 金原 勇，大西暁志，阿江通良，高松 薫：走高跳の踏み切りにおける身体各部位の使い方に関する基礎的研究，昭和48年度，日本体育協会スポーツ科学研究報告 No. VI 跳能力の向上 第1次研究報告，12～25，1974
- 5) Zatsiorskij, V.M. (渡辺 謙訳)：スポーツマンと体力，29～33，ベースボール・マガジン社，1972
- 6) Clarke, D.H. : The correlation between strength and the rate of tension development of a static muscular contraction, Int. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitphysiol., 20, 202～206, 1964
- 7) 名取礼二，五十島長太郎，坪田修三，馬詰良樹，倉田 博，柳本昭人，森下芳樹，山本直道，石井令三：等尺性強縮時の張力時間関係からみた筋力指標について，体力科学，19, 75～85, 1970
- 8) 吉本 修，渋川侃二，斎藤慎一：等尺性筋収縮における立ち上がり特性の定量化について，日本体育学会第26回大会号, 344, 1975
- 9) 川初清典，猪飼道夫：ヒトの脚パワーと力・速度要因(II) 一力・スピード・パワーにおける個人特性について一，体育学研究，第17巻，第1号，17～24, 1972

表1 日本陸上競技連盟の体力測定に参加した選手

グループ	氏 名	年令 才	1974 年 度 の 最 高 記 録	図中のマーク
アジア大会代表選手。男子	短距離	神野正英	26.0 100—10''4	神
		岩本一雄	24.6 100—10''5	岩
		新間一夫	22.5 100—10''7	新
		石沢隆夫	22.6 100—10''6, 200—21''5	石
		友永義治	24.5 200—21''4, 400—46''8, 400H—52''5	友
		中島憲一	23.9 200—21''6, 400—47''5	中
		水野利夫	22.4 100—10''7	水
		西村彰	25.6 400—48''5, 400H—52''1	西
	中・長距離	石井隆士	20.0 800—1'49''5, 1,500—3'47''1	石
		太田徹	27.2 800—1'49''6, 1,500—3'49''5	太
		野呂進	27.5 1,500—3'45''6, 3,000SC—8'47''0	野
		浜田安則	28.3 5,000—13'54''8, 10,000—28'51''4, マラソン—2°13'04''2	浜
		磯端克明	30.2 5,000—13'56''2, 10,000—29'06''6, マラソン—2°18'19''0	磯
		小沢欽一	26.7 5,000—13'55''0, 10,000—28'51''0	小
		服部誠	21.9 5,000—14'11''0, 10,000—29'20''8, マラソン—2°13'40''0	服
		影井克弘	20.0 走高跳—2.16	影
	跳躍	奥田善和	19.8 走高跳—2.12	奥
		丹羽清	27.3 棒高跳—5.11	丹
		川越孝悦	25.0 走幅跳—7.77	川
		井上敏明	23.6 走幅跳—7.35, 三段跳—16.49	井
		青木正純	29.9 斧丸投—16.44, 円盤投—44.94	青
	投げ	川崎清貴	24.1 円盤投—52.86	川
		恩田実	29.9 ヤリ投—76.52, 10種—6, 174	恩
		山田敏広	23.8 ヤリ投—76.12	山
		室伏重信	28.8 ハンマー投—69.44	室
	10種	鬼塚純一	22.5 10種—7, 294, 110H—14''7, 斧丸投—14.34	鬼 +
アジア大会代表選手。女子	短距離	小西恵美子	22.3 100—12''0, 200—24''8	小
		大和サヨ	19.2 100—12''1	大和
		山田恵子	21.2 100—11''8, 200—25''0	山
		北林裕子	19.9 200—25''2, 400—56''7	北
		大塚睦子	20.0 400—56''5	大塚
		林田智美	21.0 100—12''3, 100H—13''8	林
		飯岡美雪	23.5 100H—13''9	飯
	中距離	河野信子	24.3 200—25''4, 400—55''4, 800—2'05''3, 1,500—4'27''4	河
		井上美加代	23.3 800—2'06''9, 1,500—4'26''4	井 ○
		曾根幹子	21.8 走高跳—1.83	曾
	跳躍	八木たまみ	16.8 走高跳—1.75	八
		山下博子	23.1 走幅跳—6.15	山
		林香代子	22.3 斧丸投—15.66, 円盤投—46.58	林
	投げ	宇住庵節子	21.3 斧丸投—14.97, 円盤投—50.06	宇
		高橋真津子	21.3 斧丸投—13.43, 円盤投—48.04	高橋
		高坂美恵子	24.0 ヤリ投—56.52	高坂
		明貝恵子	24.1 ヤリ投—51.52	明 △

グループ	氏名	年令才	1974年度の最高記録	図中のマーク
	5種	清水鏡子	22.8 100H-14''8, 走幅跳-6.03, 5種-3,890	清 +
日韓高校大会代表選手・男子	短距離	藤田定彦 平井厚志2 長尾隆史2 小川淳 梅田保人 福山孝徳	17.8 18.1 16.9 17.8 18.3 18.0 100-10''7, 200-21''8 100-10''9, 200-21''9, 400-50'1 100-10''9, 200-21''8, 400-48''3 200-22''2, 400-48''9, 110JH-15''3, 5種-3,656 110JH-14''5 110JH-15''1, 400H-54''6, 5種-3,491	藤平長小梅福
	中・長距離	中村孝生2	16.5 800-1'57''1, 1,500-3'55''3, 5,000-14'52''6	中 ○
	跳躍	大山雅人 白旗武章2 志村隆 佐久間紀郎 北川康之 山本昭裕2 寺脇久人 阪西俊峰 平野忍 小西清隆 石井孝規2	17.5 16.6 18.0 17.8 17.8 17.0 17.6 18.1 17.7 17.7 17.2 100-11''0, 走幅跳-7.51 走幅跳-7.49 走幅跳-7.36 走幅跳-7.23 110JH-15''3, 走高跳-2.10, 5種-3,589 走高跳-2.08 走高跳-2.07 走幅跳-6.90, 走高跳-2.07 走幅跳-6.93, 三段跳-14.78 棒高跳-4.91 棒高跳-4.61	大白志佐北山寺阪平小石
	投てき	中尾裕章 杉田和巳 上月正彦2 佐藤正義	17.8 17.6 16.8 18.2 砲丸投-17.15, 円盤投-46.38 砲丸投-17.06, 円盤投-52.20, ハンマー投-64.36 円盤投-50.44 ヤリ投-62.22	中杉上佐△
	5種	庄信孝	18.3 110JH-14''4, 走幅跳-6.97, 5種-3,671	庄 +
日韓高校大会代表選手・女子	短距離	椎名洋子2 長沢恵子2 島田恵美子 秋元恵美 岡田妙子	16.9 16.9 17.6 18.1 18.3 100-12''2, 200-24''9, 走幅跳-5.50 100-12''2, 200-24''9 100-12''3, 200-25''2 100-12''5, 200-26''3, 100H-14''9 100-12''6, 200-25''3, 400-57''5	椎長島秋岡
	中距離	難波雅枝2	16.7 400-57''1, 800-2'09''4	難 ○
	跳躍	小暮喜代美 岩下恵子	18.1 18.8 100H-16''0, 走高跳-1.75 100-12''4, 200-25''7, 走幅跳-5.90	小岩 □
	投てき	渡辺文子2 黒杉真美 北川真由美	15.9 18.1 17.6 砲丸投-13.55, 円盤投-35.94 100H-14''6, ヤリ投-45.40, 5種-3,274 砲丸-11.18, ヤリ投42.54	渡黒北△
	5種	高柳淳子 内田知子	18.3 17.8 200-26''0, 100H-15''7, 走高跳-1.75, 走幅跳-5.79, 5種-3,754 砲丸投-12.72, ヤリ投-44.36, 5種-3,596	高内 +
	短距離	品田浩2 松尾清隆2 水野成容2 森中寛2	14.3 14.3 14.1 14.2 100-11''3, 200-23''8 100-11''6 100-11''6 100-11''6	
		市橋貴久彦	15.0 100-11''6, 100H-13''1	

グループ	氏 名	年令 才	1974 年 度 の 最 高 記 錄	
中 学 大 会 優 秀 選 手 ・ 男 子	高 橋 熱	15.3	100H—13''4	
	森 耕二郎	14.9	100H—13''6	
	中 ・ 長 距 離	大 塚 正 美 2	14.0	2,000—6'00''6
		内 野 朗 2	13.9	2,000—6'07''8
		小 野 寺 清 栄	14.6	800—1'58''6
		中 村 修 司	14.8	800—2'00''1, 1,500—4'23''5
	跳躍	深 見 邦 彦	14.5	3,000—9'04''8
		井 上 清 次	15.3	3,000—9'19''6
	竜 虎 雄	15.3	棒高跳—4.00	
	3 種 A	原 田 富 士 雄	14.7	100—11''2, 200—23''6, 砲丸投—13.71, 3種A—3,021
		中 山 信 治	14.9	走高跳—1.80, 砲丸投—14.25, 3種A—3,004
		大 山 憲 雄	15.3	400—54''9, 走高跳—1.98, 走幅跳—6.76, 3種A—3,000, 3種B—2,895
		奥 野 正 芳	14.9	100—11''5, 100H—14''0, 走高跳—1.88, 3種A—2,939
		川 田 洋 一	14.6	100H—14''2, 走高跳—1.83, 3種A—2,948
	3 種 B	山 田 秀 和	14.9	砲丸投—15.26, 3種B—3,177
		成 田 範 世	15.3	100—11''0, 200—22''6, 400—51''5, 走幅跳—6.51, 3種B—3,096
		矢 藤 昌 克	15.3	砲丸投—16.69, 3種B—3,070
		齊 藤 信 哉	15.3	400—54''5, 砲丸投—15.35, 3種A—2,760, 3種B—3,062
		山 内 智 世	15.3	200—23''6, 400—52''3, 走幅跳—6.30, 3種B—3,037
全 優 日 秀 本 選 中 手 学 ・ 大 女 会 子	短 距 離	田 中 一 江 2	13.8	100—12''7
	中 距 離	遠 藤 知 恵 実 2	13.9	800—2'21''4
	3 種 A	佐 藤 美 智 代	14.7	100—12''5, 200—26''6, 走高跳—1.58, 3種A—3,075
		甲 斐 田 澄 子	14.8	100—12''7, 走高跳—1.56, 走幅跳—5.33, 3種A—2,979
		日 高 恵 子	14.7	走高跳—1.55, 砲丸投—11.59, 3種A—2,919
	3 種 B	三 浦 裕 子	13.8	100—12''6, 200—25''8, 400—57''7, 80H—11''6, 走幅跳—5.33, 3種B—3,064
		石 和 さ つ 江	15.2	200—27''1, 80H—12''5, 走幅跳—5.28, 3種B—2,993
		大 谷 智 子	15.3	80H—12''3, 走幅跳—5.71, 3種B—2,978

備考 1. 記録は、月刊陸上競技編集部編「1974年度日本陸上競技記録集」日本30傑、高校100傑、中学100傑による。

2. 年令は、1974年8月1日現在。

表2 股関節伸展力(スウィング型)、膝伸展力(ピストン型)の測定の被検者、金原・山口ほか、1975

グループ	氏 名	年 令 才	身 長 cm	体 重 kg	最 高 記 錄
短 距 離	村 上 充	22	167.6	65.9	100—10''9, 200—22''7
	高 山 優 彦	24	174.5	71.0	400H—53''3
	藤 原 岳 彦	20	175.4	66.4	400H—52''9
跳 躍	飯 干 明	21	171.9	62.9	走高跳—2.00
	鶴 山 博 之	20	179.6	70.0	走高跳—2.01
	井 本 正 隆	21	175.8	62.9	三段跳—14.73

表3 静的な出力および出力パワーに関する、長さから見た身体形態の測定結果

グループ			n	身長		座高		上肢長		$\frac{\text{上肢長}}{\text{身長}} \times 100$	
				cm	cm	cm	cm	cm	cm	%	
男	アジア大会 代表選手	短距離	8	175.3	4.6	93.5	2.7	76.1	2.3	43.4	0.4
		中・長距離	7	168.8	4.4	90.7	2.2	73.0	1.7	43.3	0.8
		跳躍	5	176.6	2.8	93.6	1.7	78.0	2.7	44.1	0.9
		投てき	5	181.5	9.5	96.5	5.2	78.9	5.5	43.4	0.9
		10種	1	190.1		99.9		82.3		43.3	
	日韓高校 大會 代表選手	短距離	6	172.5	4.9	91.0	2.6	74.1	2.2	42.9	0.5
		中・長距離	1	172.8		91.3		75.6		43.8	
		跳躍	11	176.2	2.8	93.1	2.5	75.3	1.5	42.7	0.8
		投てき	4	175.5	6.0	94.1	3.5	74.9	2.9	42.7	1.0
		5種	1	173.0		92.0		73.3		42.4	
子	全日本中学 大會 優秀選手	短距離 (2年)	4	170.1	5.9	90.6	2.0	73.4	1.9	43.2	0.6
		短距離 (3年)	3	165.6	3.1	88.0	1.3	71.2	1.4	43.0	0.5
		中・長距離 (2年)	2	164.7	2.1	86.1	1.1	70.7	0.9	43.0	1.1
		中・長距離 (3年)	4	160.8	2.7	85.7	2.0	68.7	2.8	42.8	1.3
		跳躍	1	171.6		91.5		73.1		42.6	
		3種A	5	172.0	2.0	91.3	2.3	75.4	1.4	43.8	0.7
		3種B	5	175.1	3.1	93.9	1.6	75.7	2.6	43.2	1.1
		短距離	7	161.8	3.5	86.1	1.3	70.0	1.9	43.3	1.2
女	アジア大会 代表選手	中距離	2	158.9	1.4	84.7	0.5	67.4	0.7	42.4	0.1
		跳躍	3	165.9	5.7	87.6	2.1	70.3	2.0	42.4	0.2
		投てき	5	167.7	5.0	89.4	3.1	71.7	3.3	42.7	1.0
		5種	1	163.4		82.6		69.2		42.4	
	日韓高校 大會 代表選手	短距離	5	162.4	3.8	86.4	2.8	68.1	1.2	41.9	1.0
		中距離	1	160.0		87.5		64.8		40.5	
		跳躍	2	160.4	2.6	85.1	1.8	67.3	0.2	41.9	0.6
		投てき	3	160.3	1.7	89.9	3.0	66.5	0.9	41.5	0.9
		5種	2	168.8	3.6	90.0	0.9	69.1	3.0	40.9	0.9
子	全日本中学 大會 優秀選手	短距離	1	154.6		80.3		67.5		43.7	
		中距離	1	149.1		82.0		66.2		44.4	
		3種A	3	160.3	5.4	86.3	3.4	68.5	2.0	42.8	0.2
		3種B	3	156.9	2.5	84.5	0.9	65.2	1.7	41.6	0.7

備考 1. 各選手の上肢長、下肢長、大腿長、下腿長には、いずれも左右の平均値を用いている。

下肢長 cm		$\frac{\text{下肢長}}{\text{身長}} \times 100$ %		大腿長 cm		$\frac{\text{大腿長}}{\text{下肢長}} \times 100$ %		下腿長 cm		$\frac{\text{下腿長}}{\text{下肢長}} \times 100$ %	
平均値	S. D.	平均値	S. D.	平均値	S. D.	平均値	S. D.	平均値	S. D.	平均値	S. D.
93.0	3.0	53.0	1.0	49.9	1.6	53.6	0.6	43.2	1.6	46.4	0.6
89.4	3.8	52.9	1.1	47.7	1.8	53.4	0.7	41.7	2.2	46.6	0.7
95.9	3.9	54.3	1.7	51.5	2.7	53.7	1.0	44.4	1.6	46.3	1.0
97.9	6.2	53.9	0.8	52.4	2.6	53.6	1.0	45.5	3.7	46.4	1.0
105.0		55.2		55.7		53.0		49.3		47.0	
95.3	3.7	55.3	1.2	51.0	2.1	53.5	0.7	44.4	1.9	46.5	0.7
95.8		55.4		50.3		52.5		45.5		47.5	
96.9	2.1	55.0	0.7	50.7	1.5	52.4	0.9	46.1	1.3	47.6	0.9
96.7	5.1	55.0	1.1	50.9	3.5	52.6	1.0	45.8	1.8	47.4	1.0
96.2		55.6		52.1		54.2		44.1		45.8	
92.3	4.4	54.2	0.8	50.4	2.7	54.6	0.4	41.9	1.7	45.4	0.4
89.1	2.3	53.8	0.7	48.8	1.2	54.8	0.1	40.3	1.1	45.2	0.1
89.7	0.3	54.5	0.5	49.2	0.8	54.8	0.7	40.6	0.5	45.3	0.7
86.2	1.1	53.7	0.6	47.0	0.3	54.4	0.5	39.3	0.9	45.6	0.5
93.8		54.7		50.2		53.5		43.6		46.5	
93.1	1.3	54.1	0.6	50.5	0.4	54.2	1.0	42.6	1.5	45.8	1.0
93.9	2.5	53.6	0.6	50.9	1.4	54.2	0.7	43.0	1.4	45.8	0.7
87.9	3.2	54.3	1.0	47.3	1.8	53.9	0.6	40.6	1.5	46.1	0.6
85.7	2.0	53.9	0.8	47.0	0.8	54.9	0.4	38.7	1.2	45.2	0.4
89.1	4.3	53.7	0.8	47.8	2.1	53.7	0.5	41.3	2.3	46.3	0.5
90.3	2.8	53.8	0.6	48.9	1.2	54.2	0.7	41.3	1.8	45.8	0.7
89.2		54.6		47.8		53.6		41.4		46.4	
89.4	2.4	55.0	1.1	47.7	1.8	53.4	0.6	41.6	0.8	46.6	0.6
85.8		53.6		46.8		54.5		39.0		45.5	
88.7	0.3	55.3	0.7	47.7	0.3	53.8	0.5	41.1	0.6	46.3	0.5
85.6	0.9	53.4	1.0	45.8	0.7	53.5	0.5	39.8	0.5	46.5	0.5
92.2	3.8	54.6	1.1	49.1	1.9	53.2	0.2	43.2	2.0	46.8	0.2
84.0		54.3		46.7		55.6		37.3		44.4	
80.1		53.7		42.5		53.1		37.6		46.9	
86.7	2.8	54.1	0.1	47.7	1.3	55.0	0.3	39.0	1.5	45.0	0.3
84.2	2.3	53.7	1.1	46.5	1.4	55.2	0.6	37.7	1.1	44.8	0.6

表4 静的な出力および出力パワーに関する、太さから見た身体形態の測定結果

グループ		n	体重		体脂肪率		胸 囲		伸展上腕囲		前腕囲		大腿囲		下腿囲		
			kg		%		cm		cm		cm		cm		cm		
			平均値	S.D.	平均値	S.D.	平均値	S.D.	平均値	S.D.	平均値	S.D.	平均値	S.D.	平均値	S.D.	
男	アジア大会代表選手	短 距 離	8	70.2	7.1	9.9	1.0	91.6	3.8	27.2	1.6	25.4	1.1	54.8	3.1	38.8	1.4
		中・長距離	7	58.6	3.6	9.4	0.8	88.3	1.7	23.7	0.6	23.1	0.6	50.9	1.8	36.3	0.7
		跳 躍	5	66.4	3.2	9.4	1.2	89.8	2.4	26.4	1.7	25.6	1.2	52.7	1.9	38.2	0.9
		投 て き	5	88.8	13.0	12.2	3.5	102.5	9.3	32.4	3.5	29.4	2.3	60.4	3.5	40.6	2.5
		10 種	1	86.5		11.1		95.5		29.6		28.4		59.0		41.2	
	日韓高校大会代表選手	短 距 離	6	64.8	5.9	8.8	1.0	90.3	4.0	25.4	1.4	25.6	1.3	53.3	2.2	38.2	1.9
		中・長距離	1	57.5		6.9		84.0		21.4		23.2		49.2		37.1	
		跳 躍	11	66.5	4.7	8.5	1.3	90.3	4.2	26.5	1.7	25.9	1.2	53.3	1.7	38.0	1.9
		投 て き	4	85.4	13.6	13.5	4.7	101.3	5.5	31.1	3.2	28.9	1.8	60.2	4.9	41.7	3.4
		5 種	1	68.5		7.7		95.7		26.6		26.2		54.8		39.4	
子	全日本中学大会優秀選手	短 距 離	4	56.4	4.6	13.5	0.7	82.3	1.8	24.1	1.1	24.3	0.8	49.6	1.8	34.6	1.9
		短 距 離 (3年)	3	54.7	1.1	10.8	2.7	84.4	0.4	23.8	1.1	23.4	0.7	48.3	0.5	35.2	0.7
		中・長距離 (2年)	2	50.1	1.0	12.5	1.0	80.6	0.4	21.9	0.2	23.0	0.3	47.0	0.2	32.7	1.0
		中・長距離 (3年)	4	48.9	7.2	12.5	2.1	80.3	5.8	22.4	2.4	23.0	1.5	46.4	3.3	33.4	2.0
		跳 躍	1	54.7		11.5		86.4		23.3		23.8		45.4		33.6	
		3 種 A	5	62.6	3.0	11.2	2.2	88.4	2.3	24.9	0.8	25.0	0.8	51.2	1.3	37.1	1.4
		3 種 B	5	65.1	4.6	10.4	2.2	89.9	4.2	26.0	0.8	25.8	0.8	52.6	1.6	36.3	0.6
	アジア大会代表選手	短 距 離	7	55.5	3.1	14.6	2.7	82.4	4.1	23.8	1.5	22.1	0.7	54.1	1.8	36.6	1.4
		中 距 離	2	48.8	3.8	13.2	0.9	77.7	1.3	22.4	0.7	21.6	1.4	49.8	1.8	35.8	0.5
		跳 躍	3	53.3	4.3	13.4	1.2	79.0	1.5	23.1	0.6	21.7	0.8	51.0	2.2	35.2	2.2
		投 て き	5	72.6	7.7	17.8	3.2	92.4	1.1	29.3	1.9	24.8	1.0	60.1	3.6	39.6	2.2
		5 種	1	58.5		14.1		85.5		24.2		22.8		53.9		38.2	
女	日韓高校大会代表選手	短 距 離	5	51.4	2.7	14.2	2.5	77.1	2.6	23.0	1.0	22.2	0.7	51.5	2.5	34.5	1.5
		中 距 離	1	47.0		11.0		76.5		20.9		21.5		48.5		31.8	
		跳 躍	2	48.6	4.1	13.7	0.2	75.9	4.5	21.5	1.3	21.4	0.6	50.8	3.4	32.7	0.3
		投 て き	3	63.1	9.7	18.7	5.3	87.7	4.4	27.6	2.8	24.8	1.9	58.0	4.2	38.0	3.4
		5 種	2	58.5	6.5	15.9	1.0	83.7	3.7	23.7	1.1	22.5	0.8	53.8	1.6	37.1	0.6
	全日本中学大会優秀選手	短 距 離	1	46.4		14.4		78.2		22.1		21.3		49.4		33.4	
		中 距 離	1	42.5		15.2		77.9		20.9		20.1		48.8		31.8	
		3 種 A	3	51.6	4.5	15.9	1.5	81.1	0.1	22.3	0.9	22.2	0.9	52.1	1.4	34.6	2.3
		3 種 B	3	44.6	0.4	11.9	1.8	76.4	2.6	20.6	0.4	21.2	0.4	46.9	0.9	32.2	0.4

備考 1. 各選手の伸展上腕囲、前腕囲、大腿囲、下腿囲には、いずれも左右の平均値を用いている。

表5 静的な出力としてとらえた筋力の測定結果

グループ		n	背筋力		背筋力 体重		屈腕力		屈腕力 体重		
			kg	平均値	S. D.	平均値	S. D.	平均値	S. D.	平均値	
男	アジア大会 代表選手	短距離	8	175.6	26.5	2.509	0.347	26.5	4.2	0.378	0.046
		中・長距離	7	147.4	17.4	2.523	0.294	20.2	2.0	0.345	0.029
		跳躍	5	181.4	23.5	2.738	0.374	25.2	2.8	0.379	0.036
		投てき	5	240.4	31.7	2.759	0.497	32.7	6.7	0.369	0.059
		10種	1	219.0		2.532		32.5		0.376	
	日韓高校 大会 代表選手	短距離	6	139.0	17.3	2.145	0.152	22.2	1.2	0.344	0.022
		中・長距離	1	96.0		1.670		15.5		0.270	
		跳躍	11	163.0 (n=10)	13.6	2.478	0.135	25.0	2.6	0.376	0.026
		投てき	4	196.8	34.5	2.308	0.260	27.6	3.6	0.329	0.047
		5種	1	182.0		2.657		25.8		0.377	
子	全日本中学 大会 優秀選手	短距離 (2年)	4	141.5	24.4	2.490	0.247	19.8	1.8	0.351	0.025
		短距離 (3年)	3	131.3	24.9	2.403	0.462	19.2	0.3	0.351	0.007
		中・長距離 (2年)	2	89.5	7.5	1.792	0.184	14.3	0.8	0.285	0.010
		中・長距離 (3年)	4	113.0	19.8	2.304	0.132	16.7	3.8	0.340	0.045
		跳躍	1	178.0		3.254		19.0		0.347	
		3種A	5	159.0	28.1	2.534	0.394	20.1	0.4	0.321	0.014
		3種B	5	131.0	18.1	2.011	0.228	21.6	2.7	0.332	0.031
	アジア大会 代表選手	短距離	7	105.9	18.6	1.903	0.268	15.7	2.6	0.282	0.039
		中距離	2	86.5	10.5	1.769	0.080	12.2	0.4	0.250	0.012
		跳躍	3	118.7	16.0	2.217	0.176	16.6	1.5	0.311	0.018
		投てき	5	158.8 (n=4)	5.5	2.212	0.299	19.0	2.1	0.265	0.047
		5種	1	130.0		2.222		20.0		0.342	
子	日韓高校 大会 代表選手	短距離	5	117.2	11.1	2.285	0.210	14.0	2.0	0.272	0.028
		中距離	1	122.0		2.596		13.3		0.283	
		跳躍	2	104.0	8.0	2.141	0.016	12.8	2.3	0.261	0.025
		投てき	3	126.7	13.1	2.025	0.141	18.3	1.5	0.293	0.026
		5種	2	103.5	11.5	1.769	0	15.4	0.1	0.266	0.028
	全日本中学 大会 優秀選手	短距離	1	70.0		1.509		13.3		0.287	
		中距離	1	51.0		1.200		12.3		0.289	
		3種A	3	100.0	13.4	1.946	0.273	12.5	0.6	0.246	0.029
		3種B	3	85.0	9.4	1.904	0.195	13.0	0.8	0.291	0.016

備考 1. 各選手の屈腕力、握力、膝伸展力(スウィング)型には、いずれも左右の平均値を用いている。

握力 kg		握力 体重		膝伸展力 (スwing型) kg		膝伸展力 (スwing型) 体重		膝伸展力 (ピストン型) kg		膝伸展力 (ピストン型) 体重	
平均値	S. D.	平均値	S. D.	平均値	S. D.	平均値	S. D.	平均値	S. D.	平均値	S. D.
55.3	6.4	0.794	0.101	95.4	15.8	1.351	0.101	302.1 (n=7)	85.5	4.355	1.116
47.3	4.8	0.806	0.053	72.5	14.8	1.232	0.219	277.2 (n=6)	43.9	4.672	0.600
57.9	4.1	0.872	0.059	102.4	21.7	1.541	0.313	380.3 (n=4)	44.5	5.671	0.722
74.2	11.4	0.839	0.086	131.7	14.4	1.525	0.305	409.6	71.5	4.713	1.062
63.3		0.732		147.0		1.699					
56.4	5.4	0.870	0.035	110.5	16.7	1.699	0.129	378.1	39.8	5.834	0.192
44.5		0.774		87.5		1.522		386.7		6.725	
55.4	5.0	0.834	0.050	104.1	7.5	1.570	0.105	369.8 (n=9)	60.7	5.571	0.939
69.9	12.3	0.816	0.047	135.4	10.8	1.644	0.375	443.5	23.6	5.375	1.163
63.5		0.927		138.0		2.015		454.6		6.636	
44.5	5.1	0.789	0.073	82.3	6.3	1.460	0.069				
46.7	1.6	0.855	0.045	85.7	3.0	1.569	0.085				
39.0	3.5	0.781	0.085	65.8	6.3	1.312	0.100				
40.5	6.2	0.829	0.069	72.9	10.4	1.496	0.109				
45.5		0.832		82.0		1.499					
47.7	4.1	0.762	0.057	99.2	13.6	1.582	0.177				
53.7	3.5	0.828	0.057	100.3	12.3	1.553	0.232				
36.3	1.7	0.656	0.045	66.8	11.8	1.200	0.178	274.2	49.0	4.947	0.853
33.5	3.5	0.686	0.019	56.3	5.3	1.152	0.019	174.0	81.4	3.462	1.404
37.7	4.9	0.705	0.064	78.2	6.0	1.471	0.120	300.0	40.6	5.719	1.179
45.0	4.7	0.623	0.055	107.1 (n=4)	21.1	1.479	0.301	402.1 (n=4)	20.6	5.585	0.650
45.0		0.769		71.5		1.222		269.0		4.598	
36.1	2.7	0.702	0.040	66.6	17.4	1.295	0.325	244.7	59.4	4.734	1.011
27.8		0.591		73.0		1.553		326.3		6.943	
31.2	3.2	0.640	0.011	77.5	1.5	1.604	0.105	290.8	11.4	6.046	0.744
36.5	0.8	0.591	0.082	99.7	14.2	1.592	0.191	354.5	33.2	5.672	0.399
34.2	1.1	0.590	0.047	81.3	8.3	1.422	0.299	275.7	6.8	4.784	0.648
35.0		0.754		44.0		0.948					
25.0		0.588		56.5		1.329					
33.8	2.3	0.658	0.039	61.5	12.7	1.193	0.240				
34.7	2.1	0.777	0.044	63.7	5.3	1.429	0.132				

表6 反応の速さ、切り換えの速さなどに関する機能の測定結果

グループ			n	全身反応時間		動作開始時間		筋収縮時間		ステッピング		サイドステップ	
				msec	平均値 S. D.	msec	平均値 S. D.	msec	平均値 S. D.	回/10秒	平均値 S. D.	回/20秒	平均値 S. D.
男	アジア大会 代表選手	短距離	7	340.0	24.7	188.7	18.4	151.3	21.1	127.3	14.1	46.7	4.6
		中・長距離	7	363.4	39.0	200.0	16.9	163.4	26.5	117.5 (n=6)	14.6	40.5 (n=6)	5.0
		跳躍	5	338.4	21.4	183.0	17.7	155.4	23.3	120.5 (n=4)	6.6	43.4	4.2
		投げ	5	352.2	25.9	197.8	10.9	154.4	25.5	117.6	9.7	43.0	2.5
		10種	1	304.0		183.0		121.0		138.0			
	日韓高校 大会 代表選手	短距離	6	325.4 (n=5)	16.3	180.0 (n=5)	17.3	145.6 (n=5)	11.8	124.3	16.1	46.7	3.8
		中・長距離	1	339.0		185.0		154.0		119.0		42.0	
		跳躍	11	350.3	29.5	194.9	26.0	155.4	19.3	126.5	7.9	47.4	3.6
		投げ	4	324.8	21.6	181.5	6.1	143.3	23.1	134.5	11.0	47.0	5.0
		5種	1	312.0		175.0		137.0		133.0		51.0	
子	全日本中学 大会 優秀選手	短距離 (2年)	4	331.5	22.2	152.5	14.0	179.0	25.6	111.3	19.9	46.0	3.1
		短距離 (3年)	3	300.3	30.1	140.0	12.8	160.3	18.5	133.3	14.7	47.0	0.8
		中・長距離 (2年)	2	342.5	29.5	169.5	13.5	173.0	16.0	109.0	16.0	43.0	2.0
		中・長距離 (3年)	4	343.0	24.1	168.0	21.2	175.0	16.4	130.3	1.8	49.5	2.6
		跳躍	1	323.0		138.0		185.0		114.0		44.0	
		3種A	5	357.8	32.5	163.2	19.4	194.6	15.2	131.4	11.7	48.6	1.7
		3種B	5	337.8	33.3	149.8	18.2	188.0	23.0	129.8	13.1	47.8	2.7
	アジア大会 代表選手	短距離	7	361.6	26.4	197.6	24.5	164.0	15.3	123.1	5.4	40.7	3.4
		中距離	2	310.0	19.0	196.0	13.0	114.0	6.0	117.0	5.0	40.5	0.5
		跳躍	3	320.7	21.1	186.3	10.9	134.3	11.5	128.3	5.3	46.0	2.9
		投げ	5	330.0 (n=4)	11.1	177.5 (n=4)	15.3	152.5 (n=4)	11.0	119.0	9.6	43.0 (n=4)	4.7
		5種	1	344.0		167.0		177.0		118.0		36.0	
子	日韓高校 大会 代表選手	短距離	5	347.2	31.3	170.0	24.2	177.2	12.6	120.8	4.9	43.0	3.2
		中距離	1	332.0		162.0		170.0		147.0		45.0	
		跳躍	2	367.5	23.5	187.5	24.5	180.0	1.0	115.5	4.5	43.5	1.5
		投げ	3	364.7	14.2	161.7	10.5	203.0	13.5	127.3	10.4	44.3	2.6
		5種	2	370.5	15.5	174.0	21.0	196.5	5.5	114.0	3.0	47.5	2.5
	全日本中学 大会 優秀選手	短距離	1	381.0		182.0		199.0		131.0		43.0	
		中距離	1	422.0		213.0		209.0		120.0		44.0	
		3種A	3	333.7	34.0	167.0	15.0	166.7	19.0	115.0	6.2	45.0	0.8
		3種B	3	346.3	24.6	167.0	13.4	179.3	14.1	122.7	2.1	48.3	2.9

表7 isometric な筋収縮から見た出力パワーの測定結果

グループ			n	λ		fm/w		a		$\frac{a}{b} \times 100$	
				1/sec		平均値	S. D.	平均値	S. D.	平均値	S. D.
男	アジア大会 代表選手	短 距 離	7	4.927	1.233	3.781	1.131	3.736	1.153	85.3	8.7
		中・長距離	6	5.040	2.223	3.329	0.644	3.269	0.645	70.3	12.9
		跳 躍	4	4.601	0.640	4.367	0.782	4.308	0.736	76.8	13.0
		投 て き	5	5.581	1.620	3.940	0.822	3.911	0.833	83.3	4.9
		10 種									
子	日韓高校 大 会 代表選手	短 距 離	6	7.480	2.669	4.802	0.301	4.791	0.294	82.2	5.6
		中・長距離	1	5.544		4.836		4.817		71.6	
		跳 躍	9	5.590	2.067	4.600	1.161	4.534	1.099	80.7	9.5
		投 て き	4	7.720	2.380	4.910	1.205	4.895	1.205	90.5	5.8
		5 種	1	9.789		5.204		5.204		78.4	
女	アジア大会 代表選手	短 距 離	7	4.897	1.959	4.477	0.856	4.394	0.913	88.9	10.9
		中 距 離	2	4.391	0.702	3.182	1.225	3.121	1.176	91.4	3.1
		跳 躍	3	6.210	1.164	4.999	1.096	4.983	1.098	86.9	1.4
		投 て き	4	5.242	0.667	4.905	0.186	4.874	0.200	88.2	8.4
		5 種	1	1.185		4.238		2.942		64.0	
子	日韓高校 大 会 代表選手	短 距 離	5	5.026	1.902	4.369	0.935	4.168	0.736	89.1	8.4
		中 距 離	1	5.180		5.559		5.528		79.6	
		跳 躍	2	3.959	1.122	4.803	0.267	4.641	0.133	78.2	11.8
		投 て き	3	5.856	0.903	4.574	0.859	4.555	0.852	79.6	10.0
		5 種	2	6.193	2.516	3.977	1.002	3.914	0.939	80.6	8.7

備考 1. $a = \frac{\text{瞬発的に出し得る膝伸展力(ピストン型)の1秒目の力}}{\text{体 重}}$

2. $b = \frac{a}{\text{最大膝伸展力/体重}} \times 100, \%$

表8 concentric, eccentric な筋収縮から見た出力パワーの測定結果

——身体重心の変位(沈み込みの深さ)と関連づけてとらえた振込なし反動垂直跳の成績——

身体重心の変位 (沈み込みの深さ) cm	振込なし反動垂直跳における身体重心の変位と踏切中の身体重心の最高速度		
	男	女	子
15 ~ 20	石井 (18.8, 3.45) 影井 (17.8, 2.74) 図15—(1)		
		林田 (15.1, 2.63) 大和 (16.0, 2.64) 八木 (17.6, 2.66) 山下 (19.5, 3.19) 図15—(5)	
20 ~ 25	岩本 (23.7, 3.30) 川越 (22.1, 3.33) 野呂 (22.8, 3.18) 図15—(2)	中島 (20.9, 2.91) 奥田 (22.5, 2.92) 小沢 (21.7, 2.75) 恩田 (24.4, 3.04)	
			飯岡 (22.0, 2.36) 北林 (24.9, 2.73) 高坂 (24.7, 2.95) 図15—(5)
25 ~ 30	神野 (27.2, 3.81) 磯端 (29.2, 3.01) 井上 (28.6, 3.55) 山田 (29.9, 3.43) 図15—(3)	服部 (25.2, 2.89)	
			小西 (25.9, 3.12) 山田 (26.0, 2.56) 大塚 (26.7, 3.24) 井上 (25.4, 2.71) 河野 (26.4, 2.99) 曾根 (29.2, 2.79) 高橋 (25.9, 2.59) 林 (28.0, 2.81) 明見 (27.8, 2.48)
30 ~ 35	友永 (33.6, 3.77) 室伏 (32.2, 3.49) 図15—(4)	石沢 (32.3, 3.10)	
			清水 (35.1, 2.70)
35 ~		新間 (38.1, 3.51) 太田 (41.0, 3.48) 丹羽 (36.9, 2.89) 川崎 (37.3, 3.37) 青木 (38.2, 3.20)	

備考 1. () 内の数値は、前者は身体重心の変位(cm)を、後者は踏切中の身体重心の最高速度(m/sec)を示す。

V 走高跳における助走・踏切準備に関する実験的研究

金 原 勇
(東京教育大学)

大 西 曜 志
(順天堂大学)

阿 江 通 良
(東京教育大学)

高 松 薫
(東京教育大学)

I 緒 言

1. 走高跳の世界記録は、1864年に F.H. Gooch が最初の公認記録である 5 フィート 6 インチ (1 m676) をクリアーし¹¹⁾、1973年に D. Stones が 2 m30 の現在の記録を出すまでの 1 世紀余りの間に約 60cm 向上した。走高跳の技術に、特に関心がよせられるようになったのは、1892年に M. Sweeney が eastern cutoff style で 6 フィート 5 インチ (1 m956) をクリアーした頃からであるとみられている¹¹⁾。

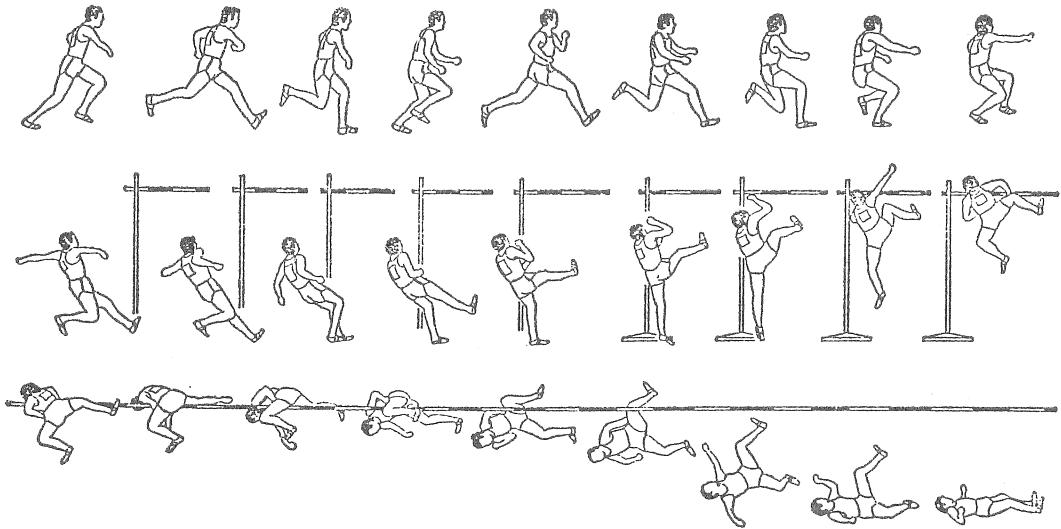
走高跳の記録向上の原因には、①体力トレーニング法の進歩によって、筋力、パワーなど走高跳に特に重要な体力要因が効果的に向上させられるようになってきたこと、②助走速度を効果的に鉛直方向に変換できる踏切技術、身体重心の空間での最高点とバーの高さとの差を小さくできるような効率のよい空間フォームなどの技術に進歩があったこと、③高い目標をもってトレーニングする走高跳競技者が多くなり、また長年月にわたる計画的なコーチングが行われるようになってきたこと、④効果的な助走や踏切ができるオールウェザーの助走路、安全性の高いホームラバー製のピットなどの施設・用具が用いられるようになったことなどがあげられよう。

上述した原因のなかでも、走高跳の記録向上には、技術の進歩が最も大きな役割を果してきたのではなかろうか。空間フォームについては、金原³⁾、Hay²⁾ は究極のフォームとして逆V字型のクリアランスを提唱している。しかし、このよう

な究極のフォームを身につけ得たとしても、そのことだけでは記録の飛躍的向上は望めないであろう。戦後における踏切技術の進歩は、C. Dumas などにみられるような振上脚の膝を伸ばした効果的な振り上げ、ソ連選手によって用いられはじめた低い踏切準備姿勢、両腕型の振り込み、D. Fosbury によってはじめられた大きな助走速度を利用した踏切がしやすいフォームなどにみられるしかし、踏切技術に関しては、究極のフォームが示唆される段階まできていないように思われる。

2. 走高跳の踏切における主な課題は、助走によって生み出された水平方向の運動量を鉛直方向に変換すること、効果的なクリアランスに必要な身体の回転を生み出すことなどにあるが、なかでも、記録向上には主に前者に関する技術が関係してくる。

走高跳では走幅跳の場合のような大きな助走速度が用いられないのは、大きな助走速度を利用して高くとぶのに要求される大きな力を踏切脚によって出し得ないためである。踏切脚によって出し得る力は、膝関節角度が大きくなると大きくなるので⁴⁾、助走速度を最大限に利用しようとする走高跳では、踏切脚の曲げ伸ばしの幅を小さくしても、身体重心の鉛直方向の速度を大きくすることのできるような技術を用いる必要が生じてくる。このほか、踏切に移った直後には、大きな衝撃力が踏切脚に加わるために踏切脚以外の部位を有効に使って衝撃力を緩衝し、衝撃に伴なう力積を分散させることのできる技術を用いること、衝撃によって生じる力積が少なくなるような踏切へ



図V-1 ブルメル選手（ソ連）の跳躍フォーム —2 m28の試技—

の移り方（踏切準備）のできる技術を用いることなども重要な課題になってくる。

このように吟味してみると、大きな助走速度を利用することのできる踏切技術は、実際の動きに着目すると、踏切への踏込角を小さくすることができ、踏切に移る瞬間の身体重心をできるだけ低くして、身体を大きく後傾させ、踏切足が地面から離れる瞬間の身体重心をできるだけ高くすることのできるようなものであると言えよう。

図V-1は、ソ連のブルメル選手が1963年に2m28の当時の世界記録を出したときの分解図である。この図は、彼が上述した原則に即した方向にある効果的な踏切技術を身につけていたことを示すものと言えよう。これまでの一流選手の中でも最もすぐれたものとみられるブルメル選手の踏切技術を越えた、究極的なものはどのような方法によれば究明できるであろうか。

3. これまで、走高跳の技術は、おもに、既成のとび方にとらわれない新しいアイデアの実践によったり、一流選手のフォームの実態をとらえて理論的に理解し、その方向でのより合理的なものを理論的に探り求めたりなどして進歩させられてきたと言えよう。しかし、高度に発達した走高跳技術をさらにより合理的なものにするには、人間の形態、機能などを身体の効果的な使い方と関連づけて十分に認識すること、理論的により合理的

だとみられる技術を考え、実験的試技などをもとにして検討していくことなどが役だつと考えられる⁴⁾。

4. 昭和48年度の跳能力向上プロジェクト第1次研究報告⁴⁾において、われわれは走高跳の踏切における合理的な身体各部位の使い方を究明しようとして、踏切脚の出し得る力と関節角度との関係、踏切足が離れる瞬間の姿勢と身体重心高との関係、腕および振上脚の振込動作の効果などについて検討した。その結果、効果的な踏切をするには、①踏切中の踏切脚の膝を深く曲げるべきではないこと、②足首を伸ばしはじめるタイミングは膝を伸ばしはじめるタイミングよりもおくらせるべきであること、③踏切の前半では両腕および振上脚を前下へ振り出し、後半では振上脚の膝をやや曲げて両腕とともに振り上げるようにすべきであることなどの知見が得られた。しかし、走高跳の踏切において上述したような身体各部位の使い方をするには、踏切に先立つ踏切準備の局面において身体重心の著しく低い走り方をすること、踏込角を小さくして身体を大きく後傾させて踏切に移ることなどが必要になってくる。

本研究の目的は、踏切準備局面における腰沈めの深さや腰沈めのタイミングなどが、踏切足が着地した瞬間の後傾角・踏込角・身体重心の高さなどや踏切足が離れる瞬間の鉛直跳躍速度などに及

ぼす影響を、一流選手の試合試技や実験的試技によってとらえ、得られた資料をもとにして合理的な踏切準備技術を明らかにしようすることにある。

本研究では、第1に、一流走高跳選手が試合においてどのような跳躍を行っているかを踏切準備と踏切を中心にとらえて吟味することとした。

一流走高跳選手は、一見すると、それぞれ異なるフォームで跳躍しているようにみえるが、いずれも高くとぶための基本原則に即した動きをしているはずであって、そこからより合理的な技術を考える場合の基礎的な手がかりが得られると考えられる。ここでは、一流走高跳選手が、どのようなリズムで助走しているか、どのような踏切準備を行っているか、最後の1歩で踏切脚をどのように使って踏切に移っているか、踏切において踏切脚以外の身体部位をどのように使っているかなどにわたってとらえ、跳躍フォームのちがいとも関連づけて考察していくことにした。

本研究では、第2に、助走の長短によって踏切準備がどのように変化していくかを探ろうとした。

一般に、練習の場では、効果的に技術を習得したり、欠点を矯正したりなどするために短助走で跳躍することが多い。短助走による跳躍と全助走による跳躍との動きのちがいを正しく認識しておき、短助走による跳躍練習をねらいに即して用いていくようにななければ、そこで身につけた動きは全助走による跳躍に役だたないのみかマイナスになるとさえ考えられる。そこで、1, 3, 5, 7歩助走による全力跳躍を行わせ、助走歩数によって踏切準備および踏切局面がどのように変化するかを明らかにし、技術練習法への基礎的な示唆を得ようとした。

本研究では、第3に、踏切準備としての腰沈めを踏切何歩前から開始すると効果的かを探ろうとした。

腰沈めを開始するタイミングが遅れると、身体が下らず、このため身体の後傾が不十分なまま踏切に移らざるをえなくなる。逆に、そのタイミングが早すぎると、助走速度の低下の原因となったり、効果的な踏切ができなくなったりする。そこ

で、この研究では、腰沈めを開始するタイミングを踏切1歩前、踏切2歩前、踏切3歩前というように変化させた場合に、踏切準備および踏切局面がどのように変化していくかを明らかにしようとした。

本研究では、第4に、腰沈めの深さが踏切に移った瞬間の姿勢や鉛直跳躍初速度などに及ぼす影響を明らかにしようとした。

ここでは、実験試技条件として腰沈めの深さを変化させると、踏切準備および踏切局面がどのように変化していくかを、腰沈めを被験者に固有の深さよりも深くする練習をさせる前と練習をさせた後の二つの場合について比較検討することとした。また、腰沈めの特別練習をした後の実験試技のなかで、固有の深さよりも深い腰沈めによって成功した試技と失敗した試技をとらえて比較検討し、効果的な腰沈めにポイントとなる動きを探ろうとした。

これまで、走高跳の踏切準備局面における腰沈めの重要性は、数多くの研究者やコーチ^{1) 5) 9)}によって指摘されている。しかし、これらの知見は、比較的具体性に乏しく、また十分な実証的な根拠が示されていないと言えよう。われわれの研究は、踏切準備に関するいくつかの技術的な課題を一流選手の実態や課題に即した実験的試技などから得られた資料をもとにし、合理的な踏切準備の技術をその練習法とも関連づけて、実際に役立つ形でとらえようとしたものである。

II 実 験

実験 1. 一流走高跳選手の跳躍技術の分析

(1) 被験者

被験者には、1974年3月に東京で行われた国際室内跳躍競技大会に出場したアメリカおよびわが国の一走高跳選手であるマッドルフ(男)、富沢(男)、ハントレー(女)、八木(女)の男女各2名を選んだ。なお、各選手の身長は、順に190cm, 186cm, 174cm, 163cmで、この競技会当日までの最高記録は、順に2m29, 2m20, 1m83, 1m70であった。

(2) 試 技

撮影した試技は、本大会における試合中の全力跳躍であった。

(3) 測定項目と測定法

撮影した試技のなかから、本大会で最高記録を出した試技を選び、助走リズム（接地時間、空中時間、1歩ごとに要する時間）、踏切準備および踏切局面における身体重心の動き、助走速度、鉛直跳躍初速度、踏切に移る瞬間の後傾角と踏込角、跳躍角、踏切足が着地した瞬間の身体重心の高さ (H_0)、踏切足が離れる瞬間の身体重心の高さ (H_1)、踏切足が離れた後に身体重心が上昇する距離 (H_2)、踏切準備における踏切脚の動き、踏切局面の身体各部位の動きなどを測定した。

これらの測定には、踏切地点の側方30mの地点からフォートソニック社製 16mm高速度カメラを用いて毎秒100コマで撮影したフィルムを用いた。分析には、Nac 社製の Film Motion Analyser および Graph-pen system を使い、得られた数値を東芝ディスクタイプコンピューター UAC 8800を用いて処理した。

なお、身体重心は、三浦ら⁷⁾の部分及び合成重心係数を用いた計算によって求めた。

助走リズムを知る手がかりとした接地時間と空中時間は、助走を開始してから踏切足が離れる瞬間までのフィルムのコマ数から求めた。

身体重心の動きは、踏切2歩前から踏切足が離れるまでを接地局面と空中局面に分け、接地局面は5コマごとに、空中および踏切局面は3コマごとに分析して示した。

後傾角は踏切足が着地した瞬間の身体重心と踏切足のかかとを結ぶ線が鉛直線となす角度によって求めた。踏切に移った瞬間の身体重心の合成速度の方向と水平線のなす踏込角は水平および鉛直速度より、跳躍角は踏切足が離れた瞬間の水平および鉛直速度より計算によって求めた。

踏切足が着地した瞬間および踏切足が離れる瞬間の身体重心の高さ (H_0 および H_1) は身体重心と地面との垂直距離によって求め、また、踏切足が離れた後に身体重心が上昇する距離 (H_2) は $H_2 = V^2/2G$ (V : 鉛直跳躍初速度、 G : 9.8m/s^2) の式によって求めた。

助走速度（水平方向）には踏切2歩前、1歩

前、踏切のそれぞれの局面に移る直前などの、鉛直跳躍初速度には踏切足が離れた直後の、それぞれ3コマから求めた平均速度を用いた。

踏切足の動きについては、踏切1歩前から踏切足が離れるまでの踏切足の大転子、膝、果点、つま先、かかとの変位を1コマごとに分析した。

踏切のフォームについては、Ⓐ踏切足の着地前に両腕と振上脚が胴体を基準にして最も後方に残った瞬間、Ⓑ踏切足が着地した瞬間、Ⓒ踏切足の接地中に両腕と振上脚が最も下方に下がった瞬間、Ⓓ踏切足が離れる瞬間、Ⓔ踏切足が離れた後に両腕と振上脚が胴体を基準にして最も上方に上がった瞬間の5つをとらえた。

実験 2. 助走の長短が踏切準備、踏切に移った瞬間の姿勢、鉛直跳躍初速度などに及ぼす影響

(1) 被験者

被験者には、走高跳を専門とする男子競技者2名（最高記録 2m00 と 1m95）を用いた。

(2) 実験試技

実験試技には、1, 3, 5, 7歩助走による、バーをクリアーしないようにして試みる、高さのみをねらいとする全力跳躍を用いた。

なお、助走の歩幅、踏切準備、踏切動作などは被験者に固有の方法によった。

(3) 測定項目と測定法

成功した試技について、踏切準備局面における身体重心の動き、踏切に移った瞬間の後傾角・踏込角・身体重心の高さ、助走速度、踏切足が離れる瞬間の跳躍角、鉛直跳躍初速度などを測定した。

上述の測定は、Milliken 社製 16mm 高速度カメラを用い、踏切地点の側方30mの地点より、毎秒128コマのフィルム速度でパルスジェネレーターの信号を同記して行った。

測定法は実験1と同じである。

実験は1974年10月16日に行った。

実験 3. 腰沈めのタイミングが腰沈めの深さ、踏切に移った瞬間の姿勢、鉛直跳躍初速度などに及ぼす影響

(1) 被験者

被験者には、走高跳を専門とする男子競技者1名（最高記録2m00）を用いた。

(2) 実験試技

実験試技には、踏切準備局面における腰沈めを開始するタイミングを踏切1歩前、2歩前、3歩前というように意識的に変化させて行う全助走跳躍を用いた。助走歩数は8歩で、バーをクリアーしないで行わせた。助走の歩幅、踏切動作などは被験者に固有の方法によった。

(3) 測定項目と測定法

測定項目および測定法は実験2と同じである。但し、踏切準備局面における身体重心の動きおよび助走速度の測定は、踏切3歩前から行った。

実験は1975年5月24日に行った。

実験 4.-1) 腰沈めの深さが踏切に移った瞬間の姿勢、鉛直跳躍初速度などに及ぼす影響——深い腰沈めの特別練習をする前——

(1) 被験者

被験者は実験2と同じである。

(2) 実験試技

実験試技には、踏切準備局面における腰沈めを被験者に固有の方法よりも意識的に浅くする試技1種類、被験者に固有の方法、被験者に固有の方法よりも意識的に深くする試技3種類の計5種類の、バーをクリアーしないで行う全助走跳躍を用いた。踏切準備としての腰沈めは、十分に意図した試技が行えるように、踏切2歩前から開始するように指示した。助走の歩幅、踏切動作などは被験者に固有の方法によった。

(3) 測定項目と測定法

測定項目および測定法は実験2と同じである。

実験は1974年10月16日に行った。

実験 4.-2) 腰沈めの深さが踏切に移った瞬間の姿勢、鉛直跳躍初速度などに及ぼす影響——深い腰沈めの特別練習をした後——

本実験の目的は、被験者に固有な方法による場

合よりも、さらにより深い腰沈めが効果的にできるようになるための特別の練習をさせた場合の効果を検討し、得られた資料を手がかりとしてより合理的な踏切準備の技術を探ろうとすることにある。

この特別の練習には、①腰を低くした姿勢での疾走練習、②腰沈めを被験者に固有の深さよりも深くしての跳躍練習の二つを用いた。前者は腰を低くして3~4歩走る局面が1~3回含まれる30~50mの加速疾走を、3~5回を1セットとして、後者はバーをクリアーして行う跳躍練習およびバーをクリアーしないで行う跳躍練習を、10~15回を1セットとして行わせた。これらの練習は、1975年2月から5月の約4カ月にわたって週5~8セット行わせ、実験は実際の跳躍において深い腰沈めによる成功試技がかなり出るようになってから実施した。

(1) 被験者

被験者は実験3と同じである。

(2) 実験試技

実験試技は実験4.-1)と同じである。ただし、踏切準備局面における腰沈めを被験者に固有の方法よりも深くする試技は1種類にとどめた。

(3) 測定項目と測定法

測定項目および測定法は実験2および実験4-(1)と同じである。

実験は1975年5月10日に行った。

III 結果と考察

1. 一流走高跳選手の跳躍技術について

(1) 助走リズム

助走リズムは、助走における動きの時空的な変化の過程のなかでの、主に時間的側面としてとらえられるものである。走高跳の助走リズムは、合理的な助走法を確立する立場からは、次のいくつかのとらえ方をしておくことが役だつであろう。

① 助走における1歩ごとに要する時間の変化のしかたとしてとらえる。

② 助走における1歩ごとに要する時間のなかでの接地時間と空中時間の占める割合の変化のしかたとしてとらえる。

これらのリズムは、助走におけるストライドの変化、接地中および空中にある間における身体重心の水平あるいは鉛直方向での移動距離の変化などとも関連づけてとらえておく必要がある。

本研究では、一流選手の助走リズムを、上述した①および②のとらえ方にもとづいて、比較検討していくこととする。

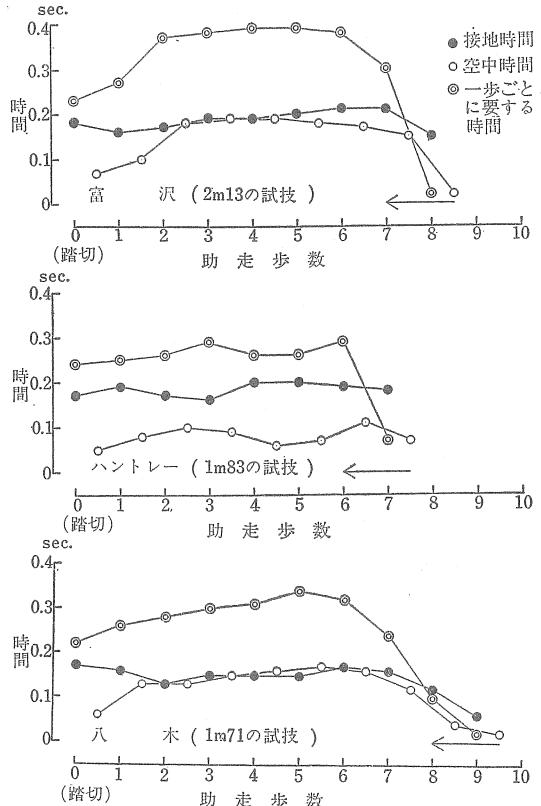
表V-1は一流走高跳選手の跳躍技術の分析結果を示したものである。

図V-2は、各選手の助走リズムを助走の開始から踏切に移るまでの1歩ごとの接地時間(●印)、空中時間(○印)、1歩に要する時間(◎印)などの変化でとらえて示したものである。助走歩数の0は踏切に移った瞬間を示す。上図は富沢、中図はハントレー、下図は八木のものである。なお、マッドルフについては、資料が完全なものではなかったので除いた。

表V-1 および図V-2 から次のことがわかる。

① 富沢(男)と八木(女)の接地中および空中の時間は、助走開始後徐々に長くなり、4～5歩目では空中時間が接地時間より長い。

しかし、ハントレー選手の場合は、助走の全ての局面にわたって空中時間が接地時間よりも長くなることはない。また、ハントレーの場合には、助走の1歩ごとの空中時間は、踏切7歩前から踏切にいたるまで、富沢、八木の場合よりも短い。



図V-2 一流走高跳選手の助走リズム

表V-1 一流走高跳選手の跳躍技術の分析結果 ——1974年3月室内跳躍競技大会(東京)——

氏名(性別) (身長) (最高記録)	跳躍 スタイル	試技 記録 m	助走速度 m/s		鉛直跳躍初速度 m/s	後傾角 deg.	踏込角 deg.	跳躍角 deg.	H_0 m (H_0 / 身長)	H_1 m (H_1 / 身長)	H_2 m	踏切時間 sec.	鉛直跳躍初速度 踏切直前の助走速度	
			踏切2歩前	踏切1歩前										
マッドルフ(男) (190cm) (2m29)	ペリー ロール	2.16	5.75	6.00	5.40	4.30	38.5	3.7	58.8	0.891 (0.469)(0.734)	1.394	0.943	0.20	0.796
富沢(男) (186cm) (2m20)	ペリー ロール	2.13	8.05	7.30	7.15	4.45	36.8	12.2	48.8	0.897 (0.482)(0.702)	1.305	1.010	0.18	0.622
ハントレー(女) (174cm) (1m83)	背面跳	1.83	5.50	5.55	6.05	3.60	35.8	-0.9	45.0	0.810 (0.466)(0.679)	1.182	0.661	0.17	0.595
八木(女) (163cm) (1m70)	背面跳	1.71	5.55	4.30	6.77	3.45	38.2	3.4	49.0	0.743 (0.456)(0.679)	1.106	0.608	0.17	0.511

(備考) H_0 : 踏切足が着地した瞬間の身体重心の高さ

H_1 : 踏切足が離れる瞬間の身体重心の高さ

H_2 : 踏切足が離れた後の身体重心の上昇距離

上述の結果は、富沢と八木は普通のランニングに近い走り方をしているが、ハントレーは地面を這うような走り方をしていることを示している。このような走法の相違が、富沢および八木の助走速度がハントレーの場合よりも大きいこと、ハントレーの最後の1歩における空中時間が3選手のなかでも最も短く、踏込角が最も小さいことなどの主な原因の一つになっていると考えられる（表V-1）。

② 1歩ごとに要する時間は、3選手とも、助走の開始後から徐々に長くなるが、踏切の約4歩前からは再び短くなる。なかでも、富沢は最後の2歩に要する時間を特に短くして踏切に移っている。

上述の結果は、これらの選手たちが、踏切数歩前からリズムをはやくして走っていることを示している。なお、八木の場合では、1歩に要する時間の短くなり方が少ないが、踏切への最後の1歩における空中時間が著しく短い。後述するように、八木が踏込角を小さくして踏切に移っている主な原因はここにあるといえよう。

①、②の結果は、一般に、助走の後半では助走のリズムをはやくするとともに空中時間の短い走り方をすると踏切への効果的な移行のできることを示唆している。

(2) 踏切準備

図V-3-(1)はペリーロールのマッドルフおよび富沢、図V-3-(2)は背面跳のハントレーおよび八木の踏切準備と踏切の局面における身体重心の動きを、接地局面は実線で、空中局面は破線で示したものである。

表V-1および図V-3-(1)・(2)から次のことがわかる。

① 4選手とも、踏切1歩前で身体重心を最も深く下げて踏切に移っている。ハントレーは、すでに、踏切2歩前で身体重心を十分に下げている。踏切1歩前から踏切へは、マッドルフ、ハントレーはわずかに身体重心を上げながら、富沢、八木はわずかに下げながら移っている。

踏切準備における身体重心の動きに日米の選手間に相違がみられたことには、助走の走り方のほ

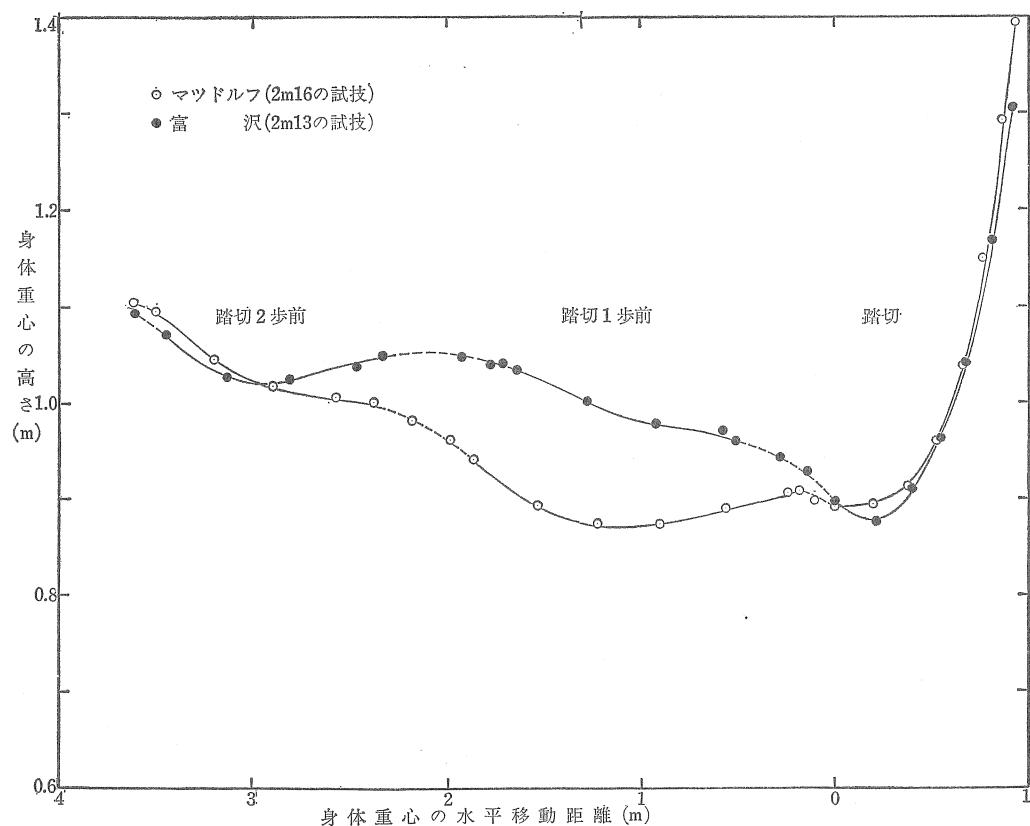
かに、日米の選手およびコーチ間に踏切準備の技術や練習法に関する見解に相違のあることが原因しているのではなかろうか。マッドルフのコーチであるB. Perrin¹⁰⁾は、マッドルフの助走の特徴は踏切前の身体重心の下げ方が大きいことにあると述べて、踏切準備局面での腰沈めの重要性を指摘している。

② 踏切に移った瞬間の後傾角はマッドルフ、八木、富沢、ハントレーの順に大きく、踏込角はハントレー、八木、マッドルフ、富沢の順に小さい。踏切に移った瞬間の身体重心の高さ(H_0)は、実測値、各選手の身長に対する割合のいずれも八木、ハントレー、マッドルフ、富沢の順に低い。

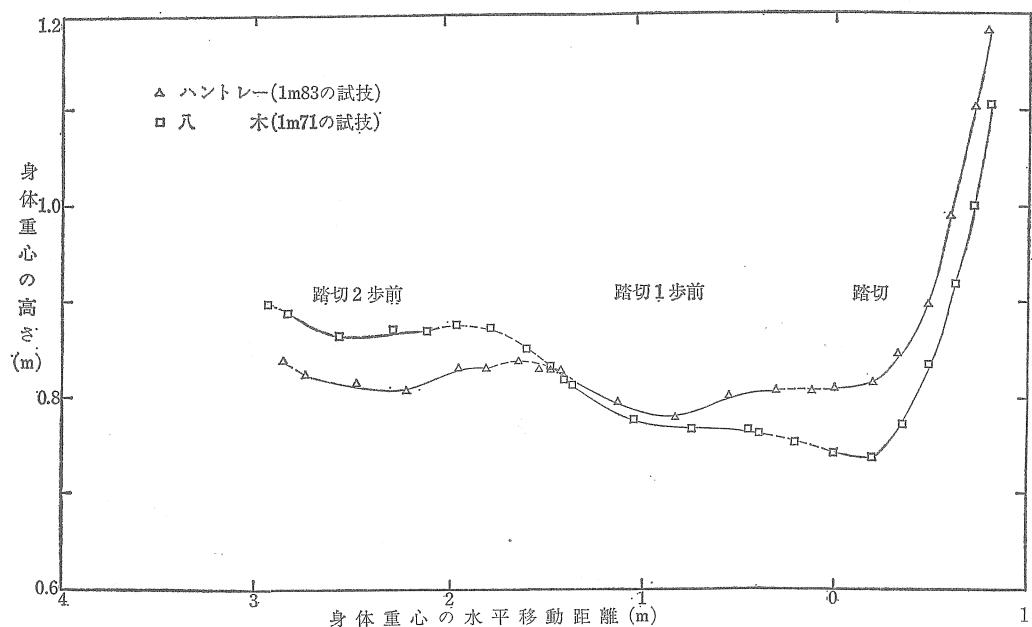
③ 踏切足が離れる瞬間の身体重心の高さ(H_1)は、実測値、各選手の身長に対する割合のいずれもマッドルフ、富沢、ハントレー、八木の順に高い。鉛直跳躍初速度(踏切足が離れた後に身体重心が上昇する距離 H_2)は富沢、マッドルフ、ハントレー、八木の順に、鉛直跳躍初速度の助走速度に対する割合はマッドルフ、富沢、ハントレー、八木の順に大きい。また、跳躍角はマッドルフ、八木、富沢、ハントレーの順に大きい。

ペリーロールのマッドルフと富沢の試技を比較すると、後傾角、踏込角、 H_0 などのいずれの観点から吟味しても、マッドルフが踏切への効果的な移り方をしているとみられるのに、鉛直跳躍初速度の実測値は富沢の方が大きい。その原因是、鉛直跳躍初速度の助走速度に対する割合はマッドルフの方が大きいことから、富沢の助走速度が大きかったことにあるとみられる。富沢の跳躍の長所は大きな助走速度を用い、いわゆる流れた跳躍をしながらも大きな鉛直跳躍初速度を得ているところにあるといえよう。

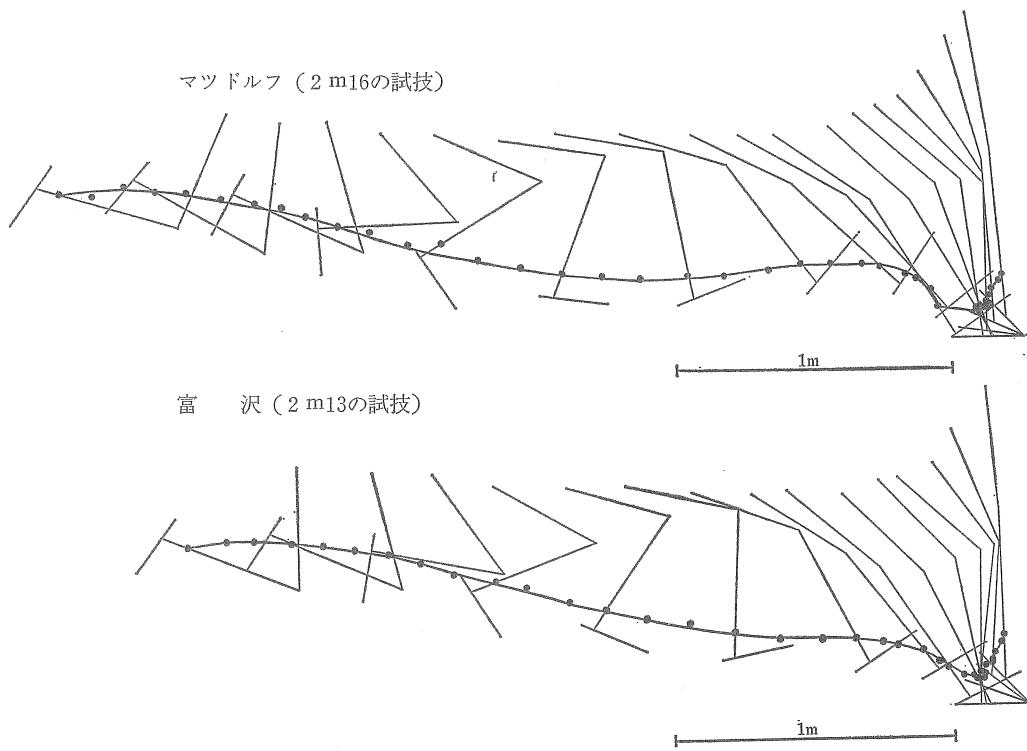
背面跳のハントレーと八木の試技を比較すると、踏切への移り方にはあまり差がみられないのに、鉛直跳躍初速度の実測値および鉛直跳躍初速度の助走速度に対する割合はハントレーの方が大きい。その原因の一つは、図V-4-(2)、図V-5-(2)から推測されるように、八木の踏切脚の膝関節角度が小さく(膝曲げが深く)，このため踏



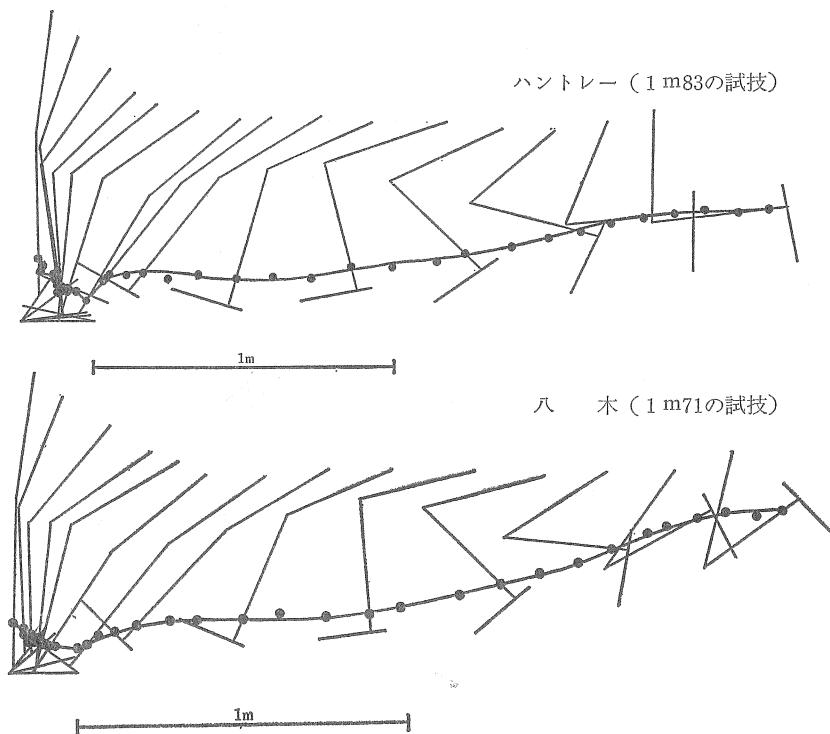
図V-3-(1) 一流走高跳選手の踏切準備および踏切局面における身体重心の動き 一マツドルフ、富沢の場合一



図V-3-(2) 一流走高跳選手の踏切準備および踏切局面における身体重心の動き 一ハントレー、八木の場合一



図V-4-(1) 一流走高跳選手の踏切脚の動き マツドルフ、富沢の場合



図V-4-(2) 一流走高跳選手の踏切脚の動き ハントロー、八木の場合

切局面で大きな力を地面に加えることができなかつたことにあるのではなかろうか。

(3) 踏切足の着地のしかた

図V—4—(1)・(2)は4選手の踏切1歩前から踏切までの踏切脚の動きを3コマごとに、その果点の動き(●印)を1コマごとにとらえて示したものである。

これらの図から、次のことがわかる。

- ① マッドルフおよびハントレーの踏切足は、踏切に移ろうとして着地するに先立って、円弧を描いて一度上昇するように動いてから着地している。これとは対照的に、富沢および八木の踏切足は、同じ局面で、わずかに上昇するのみで地面に斜めに突きさるように直線的に動いている。
- ② このような踏切脚の動きの相違は、マッドルフおよびハントレーでは、富沢および八木よりも踏切への最後の1歩で踏切脚の膝をいくらかより高く上げて踏み出し、しかも踏切

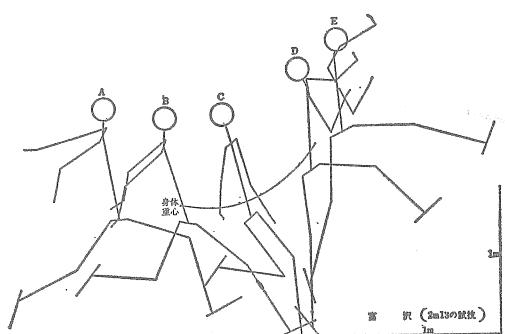
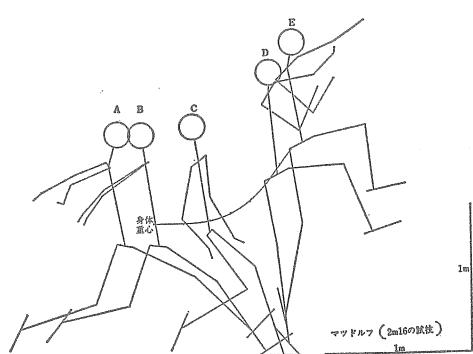
足をいくらかより振りもどすようにして着地していることに伴って生じている。

踏切準備の最終局面における踏切脚の使い方のこのような相違は、踏切準備の最後の1歩でマッドルフおよびハントレーは身体重心をわずかに上げながら、富沢および八木はわずかに下げながら踏切に移っていることの原因の一つになっている。マッドルフとハントレーの試技では、富沢、八木の場合よりも助走速度に比べて大きな鉛直跳躍初速度が得られている原因の一つはここにあるとみられる。

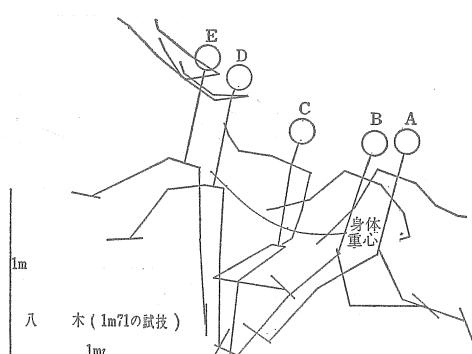
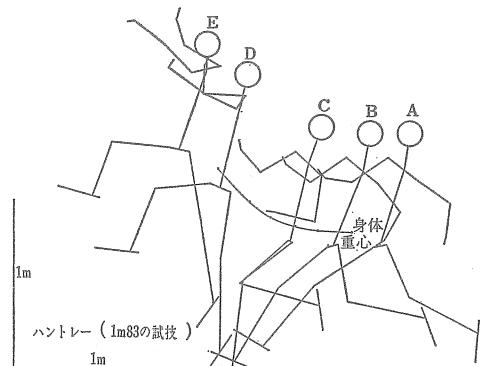
(4) 踏切動作

ここでは、4選手が踏切脚以外の部位をどのように有効に使っているかなどを助走とも関連づけながら、比較吟味していくことにする。

図V—5中のAは踏切足の着地前に胴体を基準にして両腕と振上脚が最も後方に残った瞬間を、Bは踏切足が着地した瞬間を、Cは踏切足の接地中に両腕と振上脚が最も下方に下がった瞬間を、



図V—5—(1) 一流走高跳選手の踏切動作のフォーム
—マッドルフ、富沢の場合—



図V—5—(2) 一流走高跳選手の踏切動作のフォーム
—ハントレー、八木の場合—

Dは踏切足が離れる瞬間を、Eは踏切足が離れた後に胴体を基準にして両腕と振上脚が最も上方に上がった瞬間を示す。図中の曲線は踏切局面における身体重心の軌跡を示している。

① マッドルフ選手の踏切動作（図V—5—(1)
上図）

踏切足の着地前に両腕および振上脚をかなり後方に残し、わずかに振り下げながら踏切に移っている。踏切前半では両腕、振上脚の下腿を振り下げ、踏切後半では両腕、振上脚を曲げて振り上げている。踏切足が離れた後も、両腕、振上脚をさらに振り上げている。

マッドルフの両腕、振上脚の使い方は4選手のなかでは最も合理的であると考えられる。このことが、マッドルフの試技では、他の3選手よりも助走速度にくらべて大きな鉛直跳躍初速度が得られた主な原因の一つになっているといえよう。特に、彼が踏切の前半で振上脚の下腿を振り下げている動作は踏切中の身体重心の軌跡をなめらかにし、助走によって生み出された水平方向の運動量を鉛直方向に効果的に方向換えるのに役だっているとみられる。

② 富沢選手の踏切動作（図V—5—(1), 下図）

踏切足の着地前に両腕および振上脚をかなり後方に残し、振り下げながら踏切に移っている。踏切前半では、両腕は肘を伸して振り下げているが、振上脚は膝を曲げたまま振り込んでいる。踏切後半では、両腕は肘を曲げて、振上脚は膝を伸ばしながら振り上げている。踏切足が離れた後も、両腕、振上脚をさらに振り上げている。

富沢の踏切足が着地するまでに両腕、振上脚を振り下げ動作は、マッドルフなど他の3選手よりも大きい。このことは、踏切足が着地した瞬間の衝撃を減少させる効果があり⁴⁾、彼の踏込角が大きいにもかかわらず、大きな助走速度で踏切に移したことの原因の一つになっているといえよう。

走高跳において大きな助走速度を利用するには、踏切において両腕型の振り込みを用いるとともに、振上脚は踏切の前半では下腿を前下へ振り下げ、後半ではわずかに膝を曲げて振り上げることが望ましい⁴⁾。しかし、富沢の踏切局面の振上脚の動きは、このような合理的な動きとは逆にな

っている。このことが、富沢では鉛直跳躍初速度の助走速度に対する割合および跳躍角がマッドルフよりも小さくなつたことの主な原因の一つになっているとみられる。

③ ハントレー選手の踏切動作（図V—5—(2),
上図）

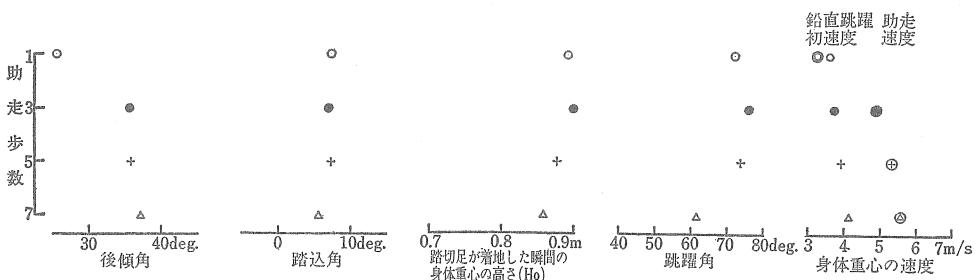
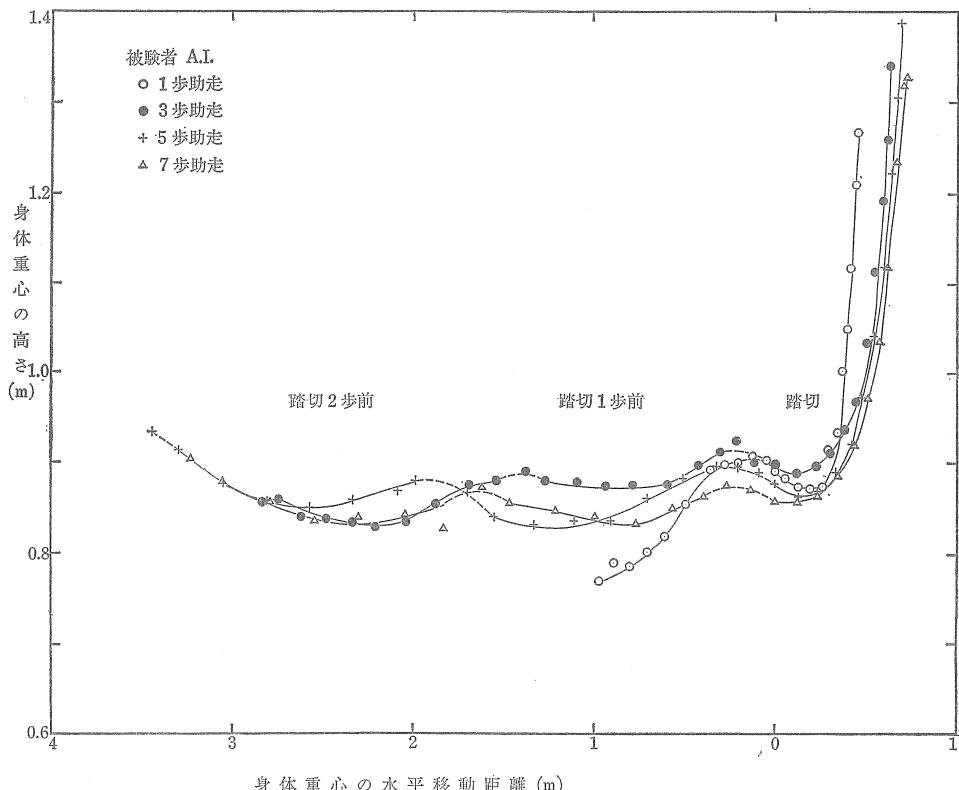
踏切足の着地前から踏切前半までの両腕の動作は、ランニングにおける腕の動作を誇張したようなものになっている。しかし、トーマス選手⁸⁾（アメリカ、最高記録2m228）の場合のように両腕を振り下げるような動きはみられない。踏切後半では、肩をも含めて高く振り上げており、踏切足が離れた後も振り上げている。振上脚は踏切中、いずれの局面でも膝を曲げたまま振り込んでいる。

ハントレーの鉛直跳躍初速度の助走速度に対する割合は、男子のマッドルフおよび富沢よりも小さい。このことは、女子が男子にくらべて筋力、パワーなどに劣ることのほかに、ハントレーの場合に、踏切前半で腕の振り下げ動作がみられないこと、振上脚を膝を曲げたまま振り込んでいることなど、身体各部位の使い方に欠点のあることも原因していると考えられる。より合理的な動作を身につけようとする場合には、女子が男子にくらべて腕や振上脚を振り上げる筋群の筋力やパワーに劣ることなどを考慮して、男子よりも踏切後半での両腕や振上脚の曲げをわずかに大きくする必要があろう。

④ 八木選手の踏切動作（図V—5—(2), 下図）

八木の両腕および振上脚の動きは、ハントレーの場合に非常によく似ている。しかし、両腕および振上脚が最も下方に下がるとときの肘を伸ばした左腕の振り下げなどは、ハントレーにみられない効果的な動きになっている。

八木の鉛直跳躍初速度の助走速度に対する割合は4選手のなかで最も小さい。このことは、踏切脚の膝関節角度が小さいため踏切脚が大きな力を出せなかったこと、ハントレーの場合と同じように踏切で身体各部位を効果的に使えなかったことなどが原因していると考えられる。したがって、八木が効果的な踏切をするには、踏切脚の膝曲げを深くしないこと、踏切の前半では右腕、振上脚の下腿などを振り下すこと、後半では振上脚の



図V-6 助走歩数と踏切準備および踏切局面における身体重心の動き、踏切に移った瞬間の姿勢、鉛直跳躍初速度などとの関係

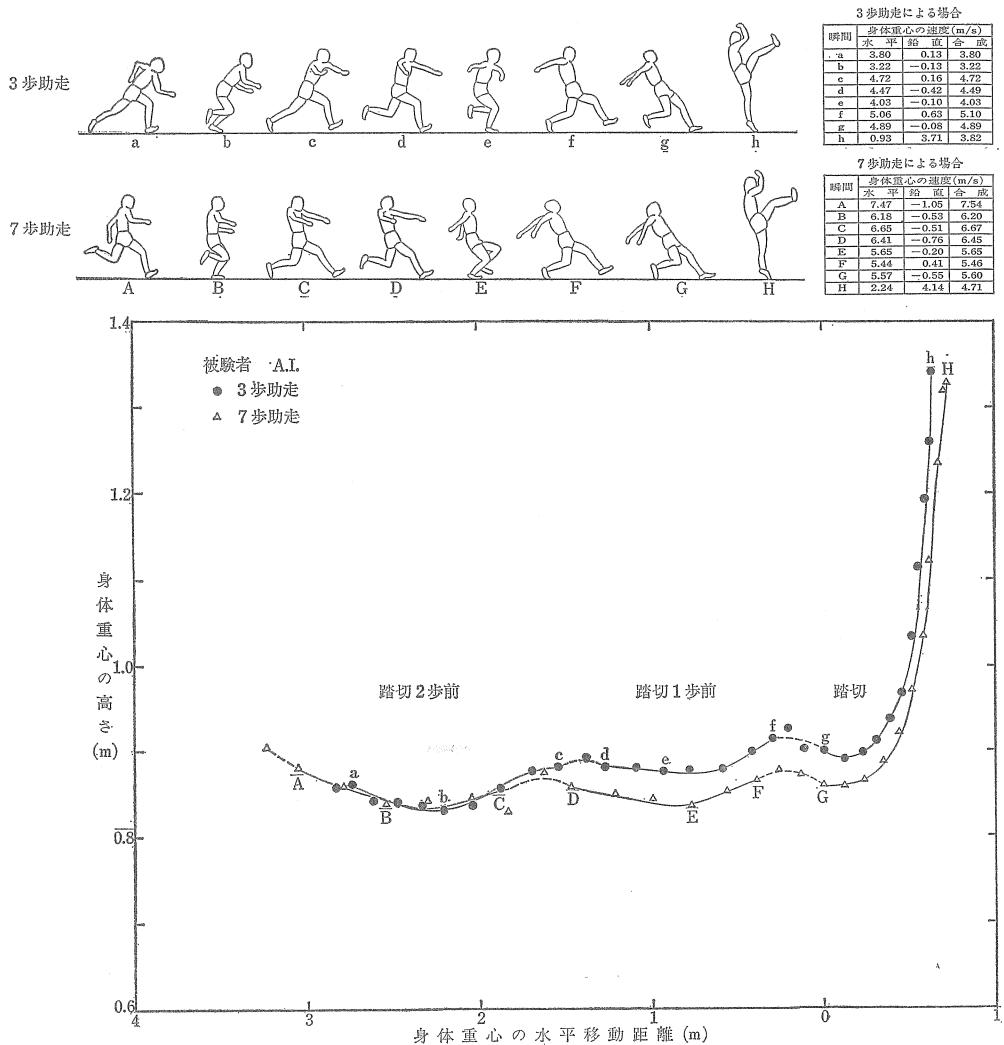
膝を曲げて振り上げることなどが役だつはずである。

2. 助走の長短が踏切準備、踏切に移った瞬間の姿勢、鉛直跳躍初速度などに及ぼす影響

図V-6の上図は、踏切2歩前（但し、1歩助走の場合は踏切1歩前）から踏切足が離れる瞬間までの身体重心の動きを、1, 3, 5, 7歩助走

による場合について、接地局面は実線で、空中局面は破線で示したものである。図V-6の下図は、左から順に助走歩数と踏切に移った瞬間の後傾角と踏込角、踏切足が着地した瞬間の身体重心の高さ (H_0)、跳躍角、助走速度（水平方向）および鉛直跳躍初速度などとの関係を示したものである。

図V-7は、踏切2歩前から踏切足が離れる瞬



図V-7 踏切準備および踏切局面における跳躍フォームと身体重心の動きとの関係
—3歩および7歩助走の場合—

間までの跳躍フォーム（上図）と身体重心の動き（下図）との関係を、3歩助走と7歩助走の場合について比較して示したものである。上図のa～h, A～Hは下図のそれらと対応しており、小文字は3歩助走の場合を、大文字は7歩助走の場合を示す。また、図V-7上図の右表には、次にあげる各瞬間の身体重心の速度を示した。図中のa, Aは踏切2歩前での着地の瞬間を、b, Bは踏切

2歩前において身体重心が最も低くなった瞬間をc, Cは踏切2歩前での離地の瞬間を、d, Dは踏切1歩前での着地の瞬間を、e, Eは踏切1歩前において身体重心が最も低くなった瞬間を、f, Fは踏切1歩前での離地の瞬間を、g, Gは踏切足が着地した瞬間を、h, Hは踏切足が離れる瞬間を示す。

図V-6, 図V-7から次のことがわかる。

① 踏切準備局面では、身体重心は1歩助走および3歩助走の場合には徐々に上昇して、またこれとは逆に5歩助走および7歩助走の場合には徐々に下降して踏切に移っている。

このような踏切準備のパターンのちがいは、助走の長短が原因となって生じたものと考えられる。1歩および3歩助走による場合にかけ上がるようなパターンになったのは、助走が踏切3～1歩前から始まるために、踏切で必要とされる速度を生み出そうとして最初から低い姿勢をとってスタートしたことによる（図V-7）。5歩および7歩助走による場合にかけ下るようなパターンになったのは、踏切2～1歩前では踏切で必要とされる速度を得ることが助走の課題になるのではなく、踏切に移る瞬間の大きな後傾姿勢をとるためにの準備動作として低い姿勢をとることが課題になるためと考えられる。

このように吟味してみると、1～3歩助走における踏切準備は、5～7歩助走における踏切準備とは異なった技術的課題をもつものであることがわかる。

② 助走が長くなるにしたがって、踏切に移る瞬間の身体の後傾角、助走速度および鉛直跳躍初速度などは大きく、踏切への踏込角、跳躍角などは小さく、踏切足が着地した瞬間の身体重心の高さは低くなる。また、1歩と3歩助走の間にみられる後傾角および助走速度の差は3歩、5歩、7歩助走の間にみられる差よりも大きい。

これらの結果は、助走歩数の変化にともなって踏切準備の行い方や踏切に移った瞬間の姿勢が異なるところを示している。金原、三浦ら⁶⁾の研究によれば、踏切脚の膝曲げ角度の変化についても同様の傾向が認められている。

このように考えてみると、全助走による跳躍の踏切技術の習得をねらいとする練習には、助走歩数は少なくとも4～5歩が必要であるといえよう。

3. 腰沈めのタイミングが腰沈めの深さ、踏切に移った瞬間の姿勢、鉛直跳躍初速度などに及ぼす影響

図V-8は、腰沈めを開始するタイミングを意識的に変えて跳躍した場合の結果を示したものである。上図は踏切3歩前からとらえた身体重心の動きを示す。下図は腰沈めを開始するタイミングのとり方の相違が、踏切に移った瞬間の後傾角と踏込角、踏切足が着地した瞬間の身体重心の高さ（H₀）、跳躍角、助走速度（水平方向）および鉛直跳躍初速度、踏切3歩前からとらえた助走速度などにどのような影響を及ぼすかをとらえて示したものである。

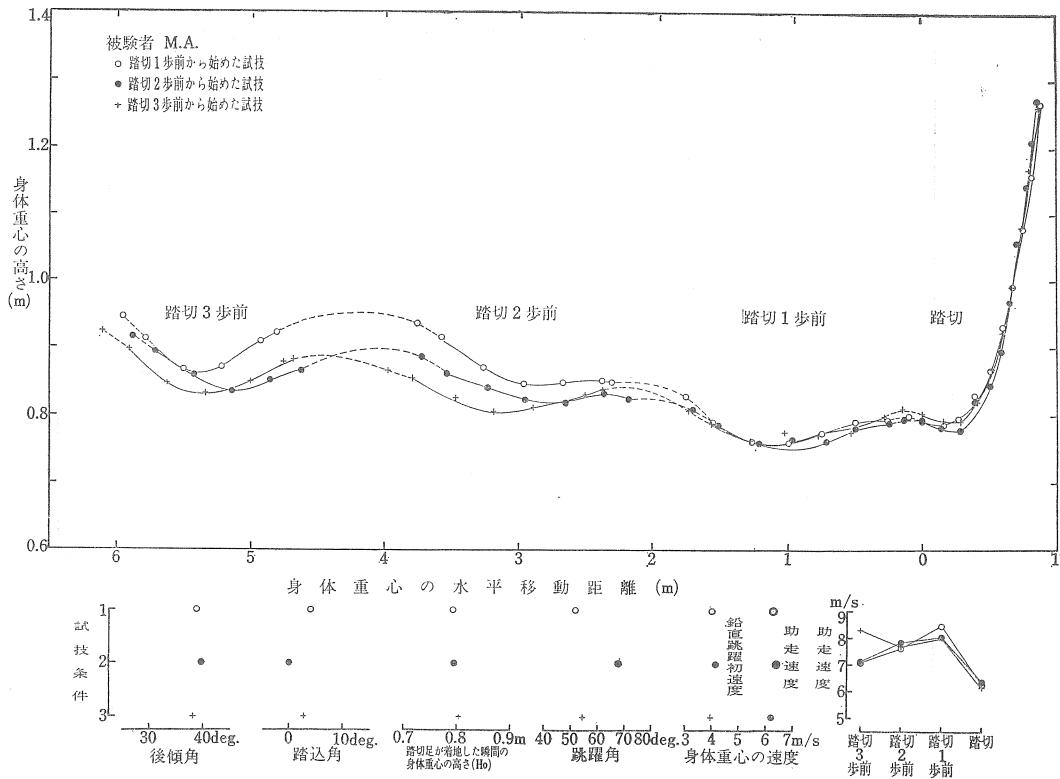
図V-8から次のことがわかる。

① 踏切準備局面の身体重心の動きは、ほぼ実験条件として指示した動きになっていたといえよう。踏切1歩前では、身体重心はどのタイミングによる試技の場合にもほぼ同じ高さまで下がっている。しかし、腰沈めを踏切3歩前からはじめた試技では、踏切に移る最後の1歩で身体重心を大きく上昇させて踏切に移っている。

② 踏切に移った瞬間の後傾角は腰沈めをはじめるタイミングが踏切2歩前、踏切1歩前、踏切3歩前の試技の順に大きく、踏込角は踏切2歩前、踏切3歩前、踏切1歩前の試技の順に小さく、踏切足が着地した瞬間の身体重心の高さ（H₀）は踏切1歩前、踏切2歩前、踏切3歩前の試技の順に低く、跳躍角は踏切2歩前、踏切3歩前、踏切1歩前の試技の順に大きい。

これらの結果は、腰沈めを踏切1歩前からはじめても身体重心を下げることはできるが、十分な踏切準備が行えず、流れた跳躍になることを示している。また、腰沈めを踏切3歩前からはじめた試技において、踏切に移った瞬間の後傾角が最も小さく、踏切に移った瞬間の身体重心の高さ（H₀）が最も高かったのは、踏切に移るまでの身体重心の上昇の程度が大きすぎたことが原因していると考えられる。

③ 踏切に移る瞬間の助走速度は、腰沈めを踏切2歩前からはじめた場合はその他の場合よりもわずかに大きい。また、踏切1歩前から踏切に移る瞬間までの間に生じる助走速度の減少は、腰沈めをはじめるタイミングが踏切



図V-8 腰沈めのタイミングと踏切準備および踏切局面における身体重心の動き、踏切に移った瞬間の姿勢、鉛直跳躍初速度などとの関係

1歩前(2.21m/s)、踏切3歩前(1.72m/s)、踏切2歩前(1.67m/s)の試技の順に大きい。

腰沈めを踏切3歩前からはじめた試技において、2歩前の場合よりも助走速度の低下が著しいのは、腰を低くして走ることがむずかしいこと、したがって、腰を低くして走るような特別のトレーニングが必要なことを示唆していると言えよう。

④ 鉛直跳躍初速度は、腰沈めをはじめるタイミングが踏切2歩前、踏切1歩前、踏切3歩前の試技の順に大きい。

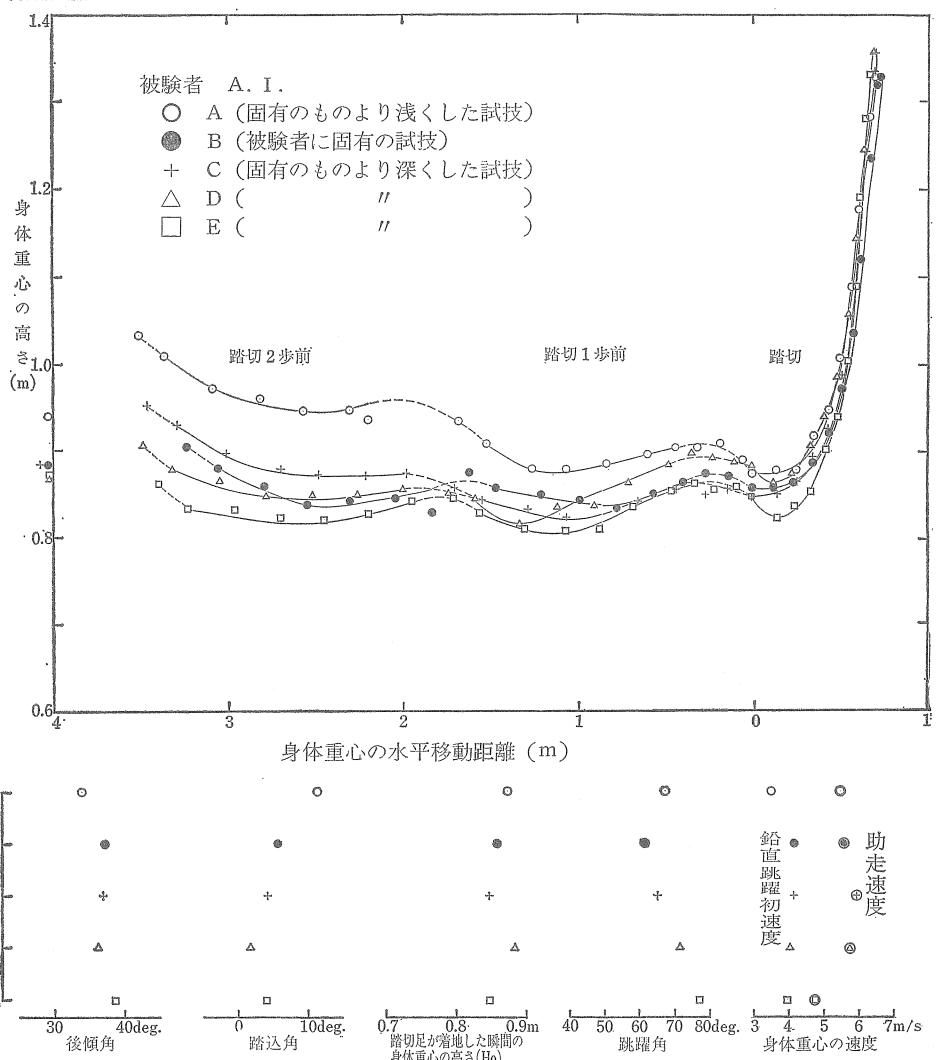
このように吟味していくと、効果的な踏切準備になるようにするには、踏切2歩前から腰沈めを始めるとよいことがわかる。

4.(1) 腰沈めの深さが踏切に移った瞬間の姿勢、鉛直跳躍初速度などに及ぼす影響 ——深い腰沈めの特別練習をする前——

図V-9は、腰沈めを固有の深さよりも深くする特別の練習をする前に、踏切準備局面での腰沈めの深さを意識的に変えて行わせた場合の結果を示したものである。図の示し方は図V-6の場合と同じである(縦軸の左にある枠外の記号は踏切3歩前離地の瞬間の身体重心の高さをそれぞれの試技について示す)。図中のBは被験者に固有の腰沈めによる試技を、Aは固有のものより意識的に浅くした試技を、C、D、Eは固有のものより意識的にこの順に、より深くした試技を示す。

この図から次のことがわかる。

- ① いずれの試技においても、身体重心は踏切2歩前より低くなり、踏切1歩前で最も低く



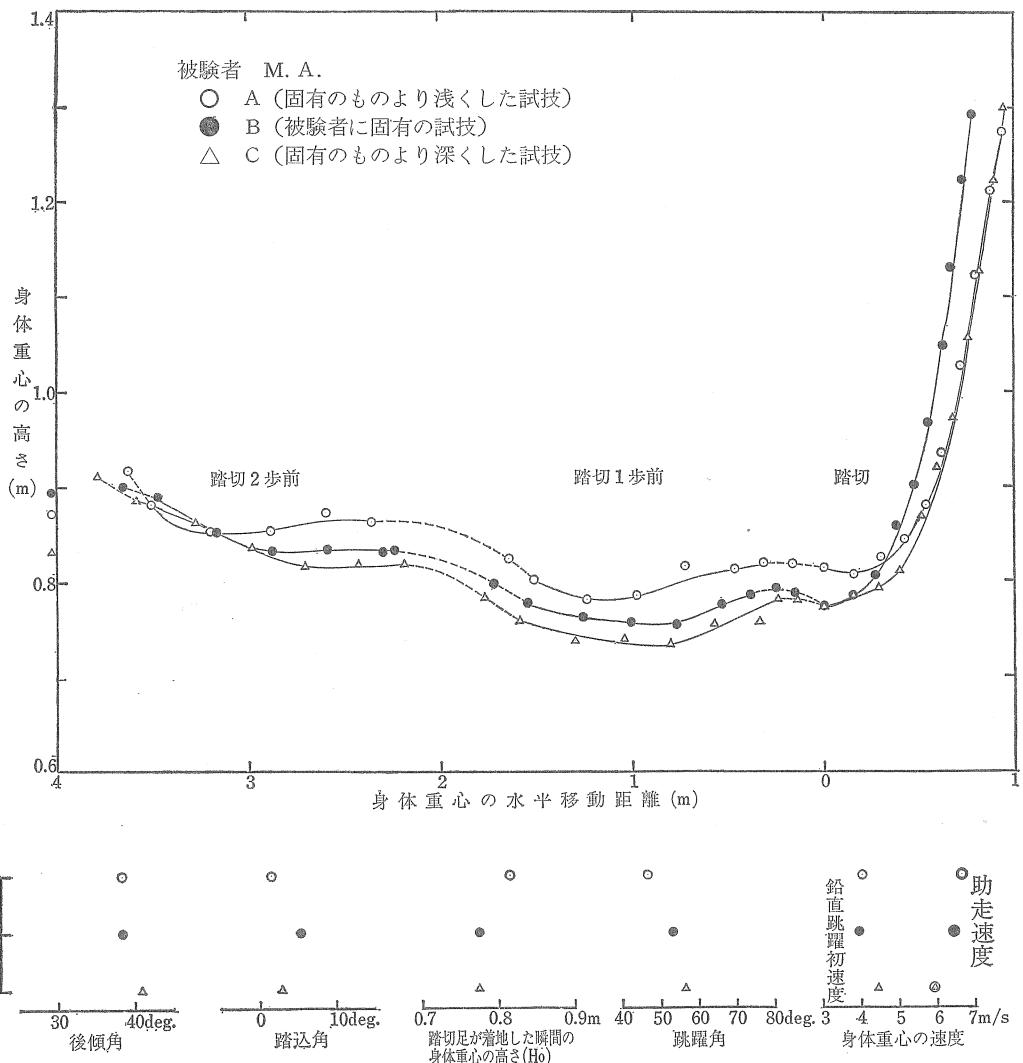
図V-9 腰沈めの深さと踏切準備および踏切局面における身体重心の動き、踏切に移った瞬間の姿勢、鉛直跳躍初速度などとの関係 一深い腰沈めの特別練習をする前一

なっている。そして、身体重心を上昇させながら踏切に移っている。踏切1歩前から踏切に移るまでの身体重心の上昇の程度は、腰沈めを固有のものより深くしたDとEが最も大きい。

② 試技A, B, Cまでは、腰沈めが深くなるにしたがって、踏切に移った瞬間の後傾角は大きく、踏込角は小さく、身体重心の高さ(H_0)は低くなっている。但し、固有のもの

より腰沈めを深くした試技の中でもDでは踏込角は最も小さいが、 H_0 は最も高い。また、Eは後傾角は最も大きいが、踏込角はDよりも大きい。

③ 鉛直跳躍初速度は、A, B, Cの順に腰沈めが深くなるほど大きくなっている。しかし、腰沈めを固有のものよりも著しく深くしたDとEでは、Aよりは大きいが、BおよびCよりは小さい。



図V-10 腰沈めの深さと踏切準備および踏切局面における身体重心の動き、踏切に移った瞬間の姿勢、鉛直跳躍初速度などとの関係 一深い腰沈めの特別練習をした後

試技A, B, Cに関するこれらの結果は、腰沈めを深くしていくと、踏切に移る瞬間の身体の後傾を大きくし、踏込角を小さくし、身体重心の高さ (H_0) を低くすることができて、次第により効果的な踏切ができるこことを示すものといえよう。

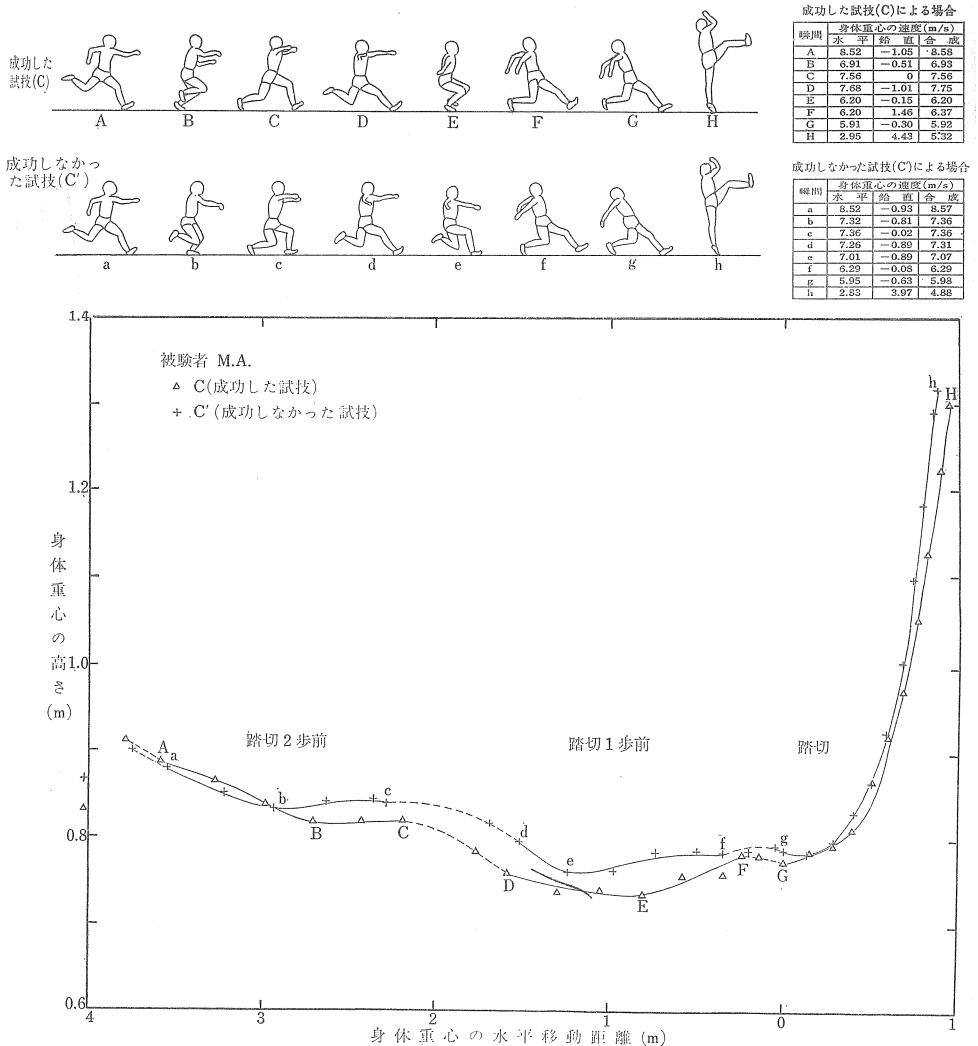
しかし、試技DとEの場合には、踏切準備での腰沈めがより深いにもかかわらず、Eでは踏切に移った瞬間の踏込角が大きくなり、Dでは身体重心の高さ (H_0) が高くなつたのは、被験者に固有な腰沈めの範囲を越えた深い腰沈めに対する反射的な修正動作が生じたためであると考えられる。

しかし、その鉛直跳躍初速度は、固有の試技(B)や腰沈めの深い試技(C)の場合よりわずかに小さいにすぎない。このことは、DとEの場合には、上述した修正動作が生じないように特別の練習をすれば、鉛直跳躍初速度をいずれの場合よりも大きくできる可能性があることを示唆するものといえよう。

4.(2) 腰沈めの深さが踏切に移った瞬間の姿勢、鉛直跳躍初速度などに及ぼす影響

——深い腰沈めの特別練習をした後——

図V-10は、深い腰沈めの特別練習を積んだ後



図V-11 腰沈めを被験者に固有のものより深くした場合の成功した試技 (C) と成功しなかった試技 (C')との比較 一跳躍フォームと身体重心の動きとの関係—

に、踏切準備局面の腰沈めの深さを意識的に変えて行わせた場合の結果を示したものである。図の示し方は図V-9と同じで、図中のBは被験者に固有の腰沈めによる試技を、Aは固有のものより意識的に浅くした試技を、Cは固有のものより意識的に深くした試技を示す。

この図から次のことがわかる。

- ① 踏切準備局面での身体重心の高さは、腰沈めを深くした試技 (C)、被験者に固有の試技 (B)、腰沈めを浅くした試技 (A) の順に低い。

② 腰沈めを深くするほど、踏切に移った瞬間の後傾角、跳躍角などは大きく、身体重心の高さ (H_0)は低くなる傾向がみられる。また、踏込角はA、C、Bの順に小さいが、AおよびCの間には大きな差がみられない。

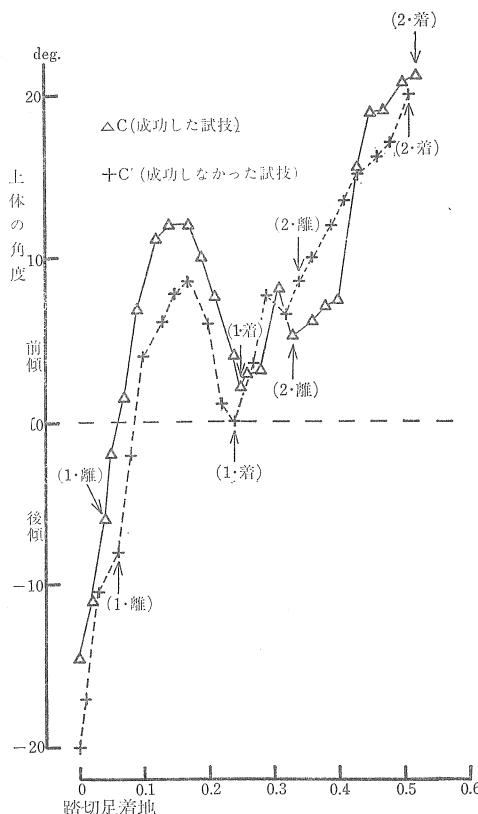
③の結果から、踏切に移った瞬間の姿勢を総合的に吟味すると、Cが最もすぐれているとみてよい。

③ 助走速度は、腰沈めが深いほど小さくなる。鉛直跳躍初速度には、A、Bの間に差がそれほどみられない。しかし、Cでは、かな

り大きな鉛直跳躍初速度が得られており、その成績は腰沈めの特別練習をする前のいずれの条件による試技の場合よりも著しくすぐれている。

上述の諸結果は、腰沈めが浅い場合には十分な踏切準備ができず、大きな助走速度を利用した効果的な踏切ができないことを示唆するものといえよう。そこで、効果的な腰沈めの技術を明らかにする手がかりを得るために、腰沈めを固有のものよりも深くした試技のなかでも、成功した試技(C)と成功しなかった試技(C')を比較検討してみることにする。

図V-11は、踏切2歩前からとらえた跳躍フォーム(上図)と身体重心の動き(下図)との関係を示したものである。図および表の示し方は図V-7の場合と同じである。成功した試技(C)を大文字で、成功しなかった試技(C')を小文字で示す。

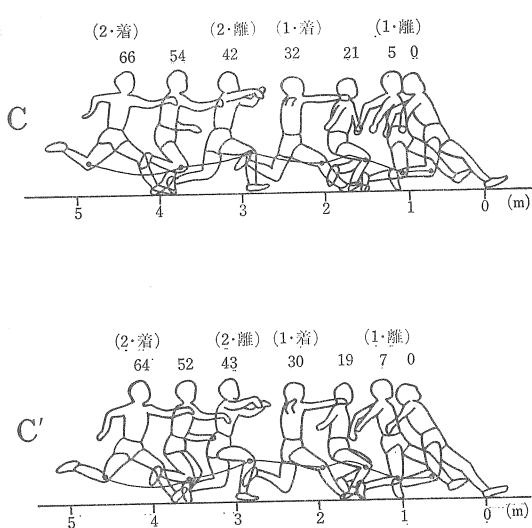


図V-12 腰沈めを被験者に固有のものより深くした場合の成功した試技(C)と成功しなかった試技(C')との比較 一上体の角度の変化(左図)、踏切2歩前から踏切足着地までのフォームと右膝の動き(右図)一

図V-12の右図は踏切2歩前から踏切足が着地するまでのフォームおよび右膝の動きを、図V-12の左図は上体の角度(大転子と耳珠点を結ぶ線が鉛直線となす角度)の変化を示したものである。図V-12の左図中の矢印と(2・着)および(1・離)の記号は踏切2歩前の、(1・着)および(1・離)の記号は踏切1歩前の着地と離地の瞬間を示している。右図中の上図は成功した試技(C)，下図は成功しなかった試技(C')の場合で、数字は踏切足が着地した瞬間を基準としたフィルムのコマ数(1コマは0.0079秒)を示す。また、左図の正で示した角度は上体の前傾を、負で示した角度は上体の後傾を示す。

図V-11, V-12から次のことがわかる。

- ① 踏切準備局面の身体重心の高さは、成功した試技(C)の方が低い。成功した試技の身体重心の高さは踏切1歩前の接地局面の後半



で最も低くなっているのに対して、成功しなかった試技ではその前半で最も低くなっている。踏切局面での身体重心は、成功した試技では踏切に移ったのち下降することなく、大きく、なめらかな軌跡を描いて上昇している(図V-11)。

② 踏切2歩前の離地の瞬間にについてみると(図V-11上図のC, c, 図V-12右図)，成功した試技では身体重心を支持足よりも十分に前に出してキックを効果的に行っているが成功しなかった試技ではキックが十分に行われていない。また、踏切2歩前から踏切1歩前に移るとき、引出脚の膝(右)は成功した試技では前方へ低く引き出すようにして運ばれているが、成功しなかった試技ではいかにも上方へ引き出すように運ばれている。

これらの結果は、踏切準備局面で腰を十分に沈めようとするには膝を前上方ではなく、前方へ引き出すようにして走ると、腰を十分に下げて、しかも効果的にキックできることを示すものといえよう。そして、このような特異な走り方は、踏切2歩前と3歩前で要求されるといえよう。

③ 上体は、踏切2歩前では成功しなかった試技では成功した試技よりも前傾しているが、踏切1歩前では成功した試技の方がより前傾している。また、踏切1歩前で上体を起こし始めるタイミングは、成功した試技では成功しなかった試技よりも遅い(図V-12の左図)。

成功しなかった試技の場合に踏切1, 2歩前の助走速度の低下が著しかったのは、一つには、上体の起こし方のタイミングが早すぎることが原因になっているとみられる。また、成功しなかった試技では踏切2～3歩前で引出脚の膝を前方ではなく前上方へ引きあげるようにして、しかも腰を低くしようとしたために効果的なキックができなかったことも、踏切準備で助走速度の低下を著しくしている原因の一つになっているといえよう。

このように吟味してくると、踏切準備局面で助走速度を低下させないのみか、上げるようにして深い腰沈めをするには、踏切2～3歩前で膝を曲げ腰を沈めるのみでなく踏切2～3歩前の接地局

面での後半で身体が最も低くなるような走り方をするために、①引出脚の膝を前上方ではなく前方に引き出すようにしてキックを終わること、②踏切1歩前の接地中での後傾姿勢のとり方のタイミングが早くなりすぎないようにすることなどがポイントになるといえよう。

なお、腰を低くしてらくにスピードを出すことのできる走り方のこつを身につけるためには、助走・踏切準備を主なねらいとする跳躍練習とは別に、走高跳の踏切準備で要求されるよりもさらに深い腰沈めを行う特別な疾走練習が何より有効であると考えられる。

IV 結論

1. 実験結果について

結果と考察をもとにすると、実験結果に関連して次のいくつかを結論として引き出すことができよう。

(1) 踏切準備についての日米選手の比較

① 一流走高跳選手たちは、踏切準備局面では助走のリズムをはやくし空中時間の短い走り方をしていたが、これらの傾向の現われ方には個人差が著しかった。助走の前半・中半での走り方および走り方の変化には個人差が大きかった。

② 踏切準備局面では、一流選手たちはいずれも身体重心を下げてから踏切に移っているが、日本の2選手は身体重心を踏切1歩前からさらに下げて踏切に移るような動きを、アメリカの2選手は踏切1歩前から上げて踏切に移るような動きをしていた。

③ 日本の2選手は、踏切に移る最後の1歩での踏切足のつき方が地面に突きささるような直線的な動きになっていた。これに対してアメリカの2選手は円弧をえがくような動きになっていた。鉛直跳躍初速度の助走速度に対する割合は、アメリカの2選手の方が大きかった。

④ 一流走高跳選手たちの踏切における踏切脚以外の身体各部位の使い方には、両腕および

振上脚を後方に残し、振り下げるながら踏切に移る動作、踏切の前半で両腕、振上脚の下腿などを振り下げる動作、踏切足が離れた後も両腕や振上脚がさらに高く上がるようなフォロースルーのある振り上げなどの合理的な動きがみられることが多かった。しかし、各選手についてみると、身体各部位の使い方という点から、とくに日本の2選手に欠点が多くみられた。

(2) 助走の長短が踏切準備、踏切などに及ぼす影響

① 踏切準備局面の身体重心の動きおよびフォームは、1歩と3歩助走の場合にはかけ上がるようなパターンに、5歩と7歩助走の場合にはかけ下がるようなパターンになった。

② 助走歩数が増すにしたがって、踏切に移った瞬間の後傾角は大きく、踏込角は小さく、踏切足が着地した瞬間の身体重心の高さは低く、また鉛直跳躍初速度が大きくなかった。しかし、これらの値には、助走歩数が3歩以上になると大きな変化はなかった。

(3) 踏切準備における腰沈めのタイミングと腰沈めの深さ

① 腰沈めは踏切2歩前から始めることが最も有効であった。踏切1歩前から始めた場合には、助走速度の低下が大きく、踏切準備が不十分になり、効果的な踏切ができなかった。

② 腰沈めを深くすると、踏切に移った瞬間の後傾角を大きく、踏込角を小さく、踏切足が着地した瞬間の身体重心の高さを低くすることができ、効果的な踏切ができた。腰沈めを固有のものより深くする特別練習の後には、この練習前に失敗した深い腰沈めによって効果的な踏切を引き出すことができた。

③ 腰沈めを固有のものより深くした試技のなかでも成功した試技では、成功しなかった試技よりも踏切準備局面において上体を起こし始めるタイミングが遅く、また踏切3歩前、2歩前、1歩前では、身体重心は接地局面の後半で最も低くなっていた。

2. 技術および技術練習法への示唆

前述した実験結果を技術および技術練習法と関連づけると、次のいくつかの基礎的な示唆を引き出すことができよう。

(1) 助走リズムと助走の歩数について

① 助走の前半と中半では個人に即したフォームとリズムで走ってよいが、踏切準備局面ではリズムをはやくし、腰を沈めた這樣な走り方をすべきである。

② 全助走による跳躍に近い条件下で踏切技術を習得しようとする場合には、助走歩数には少なくとも4～5歩を用いる必要がある。

(2) 踏切準備について

① 踏切準備としての腰沈めは、一般に、少なくとも踏切2歩前から始めるようにすべきである。

② 踏切3歩前、2歩前、1歩前では接地局面の後半で身体重心が最も低くなるような走り方をすべきである。但し、踏切1歩前では、身体重心が最も低くなったのち、わずかに上昇しながら踏切に移れるような動きをする必要がある。

③ 踏切準備局面での助走速度の低下が大きいか、加速できない場合には、上体をわずかに前傾するようにして腰沈めを行うことが有効であろう。

④ 踏切に移るとき、踏切足が円弧をえがくようにわずかに振りもどしながらやく着地するようにすべきである。このためには、踏切に移ろうとする最後の1歩で膝をいくらか前上に上げるようにしてキックを終り、空中局面でさらにいくらかより上げるようにして膝を伸しながら踏切足を振りもどすようにする必要がある。

(3) 腰沈めを深くして疾走できるこつについて
踏切準備局面において、よくリラックスして、腰を深く沈めたスピードの出る走り方ができるようになるためには、疾走中に腰を著しく低くした数歩疾走を数回はさむような特別な練習手段を用いることがすすめられる。このような腰の低い走

り方は、支持脚の膝を接地局面の中間で深く曲げ、引出脚の膝を前上方ではなく、前方に引き出すようにしてキックを終り、ついで引出脚の膝をかなり伸しながら足を後ろに振りもどすようにして着地しながら、着地脚の膝を深く曲げていくようなものになる。

稿を終わるにあたって、16mm 映画撮影に、御指導、御協力を頂いた東京教育大学スポーツ研究施設・渋川侃二教授、斎藤慎一先生に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Dyson, G.H.G. : The Mechanics of Athletics, London Press, P. 142, 1970
- 2) Hay, J.G. : The Hay Technique-Ultimate in High Jump Style?, The Athletic Journal, Vol. 53 (7), P. 46~48, 113~115, 1973
- 3) 金原 勇：跳躍の基礎理論、第18回日本学生陸上競技連合指導者会議（福岡大学）、1971
- 4) 金原 勇、大西暁志、阿江通良、高松 薫：走高跳の踏み切りにおける身体各部位の使い方に関する基礎的研究、昭和48年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 No. VI 跳躍能力の向上 第1次研究報告、P. 12~25, 1973
- 5) 金原 勇：陸上競技（フィールド編），学芸出版社，P. 12, 1973
- 6) 金原 勇、渋川侃二、三浦望慶、大西暁志：跳躍力を大きくする基礎的技術の研究（その3）一助走を利用して高くとぶ跳躍について一、東京教育大学体育学部スポーツ研究所報、4, P. 32~50, 1966
- 7) 三浦望慶、池上康男、松井秀治：部分及び合成重心係数を用いての座標測定方式による合成重心の算出、体育の科学、第24巻(8), P. 517~522, 1974
- 8) 日本陸上競技連盟編：東京オリンピックに見る陸上競技の技術、P. 106~107, 1966
- 9) オゾーリン, N. G. : コーチ のための陸上競技（岡本正己 訳、大島鎌吉 校閲），講談社，P. 230~231, 1969
- 10) Perrin, B. : High Jumping With The Bent Free Leg, The Athletic Journal, Vol. 52 (6), P. 8~9, 93~95, 1972
- 11) Robison, C. F., Jensen, C. R., James, S. W., Hirschi, W. M. : Modern Techniques of Track and Field, Lea & Febiger, P. 147~162, 1974

VI 幼・児童期の“跳能力”と 脚筋収縮時間の関係について

鳥 越 成 代
(東京女子大学)

吉 村 雅 道
(渋谷区教育委員会)

I は じ め に

跳ぶ動作は、スポーツ活動からすれば、走投とともに基本的な身体動作である。この意味で、跳能力とは、スポーツ活動の基本能力であると云える。

跳能力は、別の言い方をすれば、体重を瞬時に最大に移動するという意味から、パワー能力とも言えよう。金子は、脚の最大パワーと垂直跳の成績との間には1%水準で有意な相関関係があることを認めている⁴⁾。垂直跳の成績をパワーを表わす指標とみたのは古く、1921年のC.H. Sargent⁵⁾に始まる。C.H. McCloy⁶⁾は、垂直跳の成績に、年令、身長、体重を加味して、垂直跳指数を求め、この指數とスポーツ競技種目の特性との関係を示している。(1932年)その結果、垂直跳がパワーを予測する上で非常に優れた指標になることを示唆した。その後T.K. Curetonをはじめ多くの研究者によりパワーの指標として測定、研究されてきた。近年では渋川等により、Max. power (Pmax) と垂直跳の成績 (h) の間に次の関係が成り立つことが報告された¹⁰⁾。

$$\text{すなわち } h = 10k \cdot (P_{\max}/wt)^2$$

※ kは常数、wtは体重

パワーは、力×スピードである。これは、仕事量(力×距離/時間)と置きかえ、さらに、力×(距離/時間)と置きかえることが出来る。仮にヒトの場合、力を筋力、距離/時間を筋収縮時間とするとパワー=筋力×(1/筋収縮時間)となる。つまり単位筋収縮時間当たりの筋力とすることが出来る。この考え方にもとづき、猪飼は最大筋力と、筋収縮時間を別個に測定し、最大筋力に筋

収縮時間の逆数を乗じれば、パワーの Index が与えられ、実測のパワーと密接な関係があることを報告している¹⁾。垂直跳の成績とパワーの関係、パワーとパワー Index の上述の関係から、跳能力は、生理学的にみて、筋力と筋収縮時間が最も重要な因子になると考えられる。そこで、本研究では、跳能力の指標として垂直跳の成績を又、跳のパワー因子として、脚の伸展筋力及び体重を上方に移動する際の最大脚筋収縮時間を測定し、垂直跳とパワー因子の関係を幼児童期のヒトを対象に明らかにしようとしたものである。

この研究の意図するところは、跳能力の向上という点からすると次の2点に要約される。

(1) 垂直跳の成績は、加令とともに向上されるが、この現象は筋力の増強に頼るのか、筋の質的変化によるものか。もし筋力の増強にその依存度が高ければ、筋力のトレーニング効果は極めて著明であるから、跳能力は、筋力トレーニングにより改善されるということになる。しかし、筋収縮時間は、猪飼、浅見等が示しているように²⁾ 加令により発達することが極めて少いことからすれば、質的なものであろうから、仮にこの質的なものに依存するとなれば、トレーニング効果は極めて望みにくいことになり、跳能力は多分に資質の差によるものと考えられる。この点を明らかにする必要がある。

(2) 発育、発達という面から跳能力をみた場合、生理的年令(身長)からみて、どのあたりから、パワー因子と垂直跳の関係が密になるか、従って跳能力の向上を将来的にみた場合、どの発育段階でその判定を下し得るかという点の考察である。

II 方 法

①被検者 都内幼稚園児、小学生、中学生、
年令 4才～14才
男 487名 女 442名 計 929名

②測定項目及び方法

形態 1. 身長、2. 体重、3. 左右大腿囲
機能 1. 脚伸展力

被検者は測定台上にあお向けに寝る。膝から下を大腿に対して90度になるように測定台端から下げる。両上肢は上に伸ばして測定台端を握る。腹部を固定しメーターにつながるバンドを足首にかける。曲がっている下肢を力いっぱい、まっすぐに伸ばすようにする。

2. 垂直跳

3. 全身反応時間

ストレンゲージ添付跳躍台に被検者は、あらかじめ軽く膝を曲げた状態で立ち、約2m前方の距離にあるほぼ目の高さに位置したランプに光がついたら出来るだけ速くとびあがる。被検者がとびあがるために起こす台の圧変化を歪増幅器により增幅し2チャネルの記録器により記録する。記録から、ランプのついたA点から力曲線に最初の変化が始まるB点、並びに台から足をはなしたC点までの時間と両者の合計時間を計算し、A点よりB点までの時間を動作開始時間、B点よりC点までを筋収縮時間、その合計を全身反応時間とした。

③測定結果の処理

A) 脚伸展力

脚伸展力は、左右各筋力の平均値とした。

B) 大腿横断面積の算出

大腿を円とみなし、左右各々の大転骨を算出し、その平均を大腿横断面積とした。

C) パワー Index

最大脚伸展筋力と全身反応時間の筋収縮時

間とから、単位筋収縮時間当りの最大筋力をパワー Index とした。

すなわち、
パワーアイデックス = 最大脚伸展筋力 / 筋収縮時間
(kg/msec)

D) 単位面積当りの脚力

大腿横断面積当りの筋力の指標とし、先に算出した大腿囲の横断面積と脚伸展力から単位大腿横断面積当りの脚力を算出した。

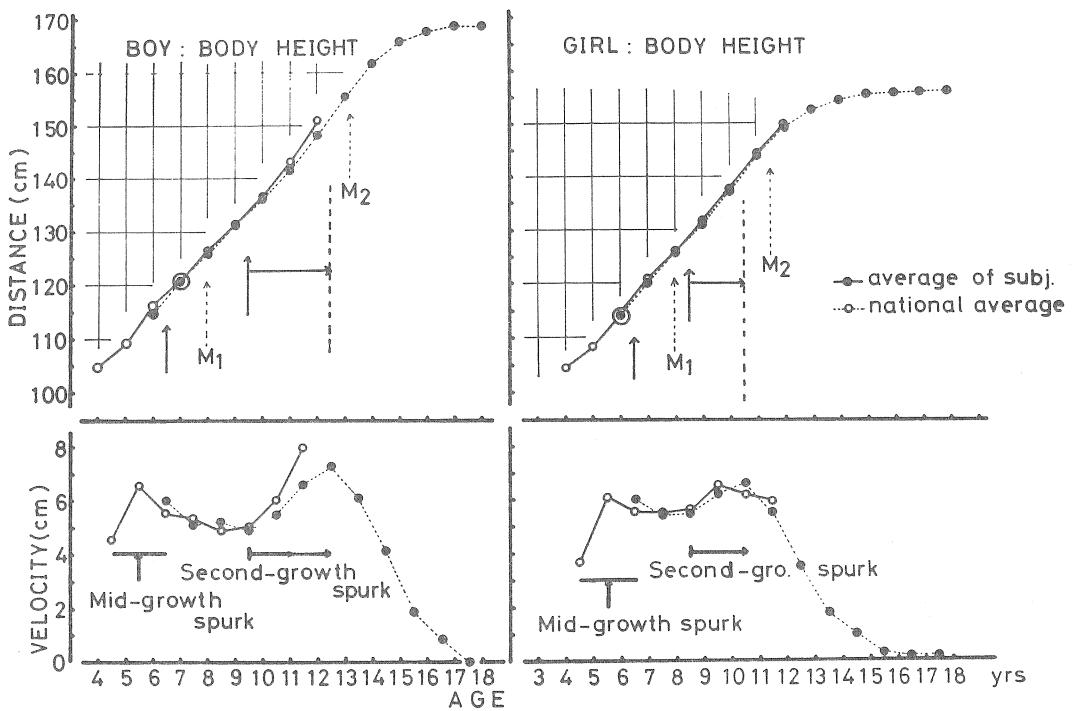
すなわち、
単位面積当りの脚力 = 脚伸展筋力 / 大腿横断面積 (kg/cm²)

④相対発育的資料分析

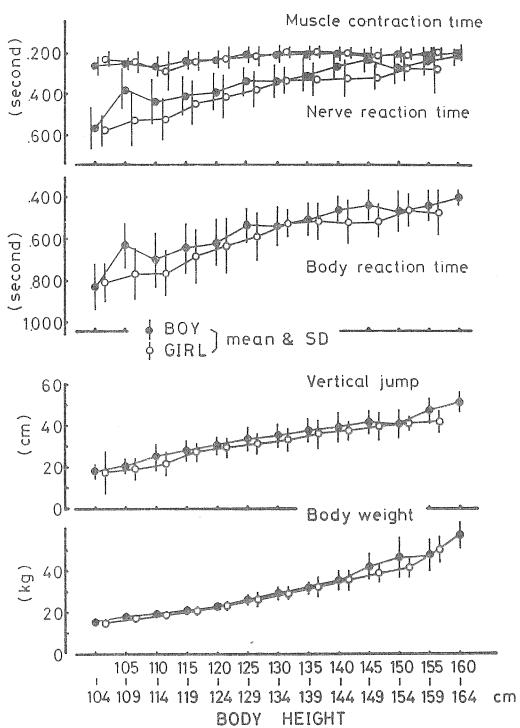
全被検者を身長で分類、集計した。身長は100cmまでとそれ以後5cm刻みに分け、歴年令をなくし、被検者をグルーピングし、その各集団の平均身長高と各機能発達及びその関係を相対発育的手法で分析した。この理由は、跳躍能力が、筋力と筋収縮距離に比例し、体重に反比例することは良く知られているがさらに重心高も高いほど有利である。従って身長高が生理的年令を現わす良い指標であるとともに、跳躍動作の重心高の指標にもなる。従って、資料を整理するに当っては、最適な方法であると考える。しかし、歴年令は無視できない。従って、身長のグループ幅を5cmとしたわけで、実際にはどの集団も同一年令層によりほぼ構成される。

III 結 果

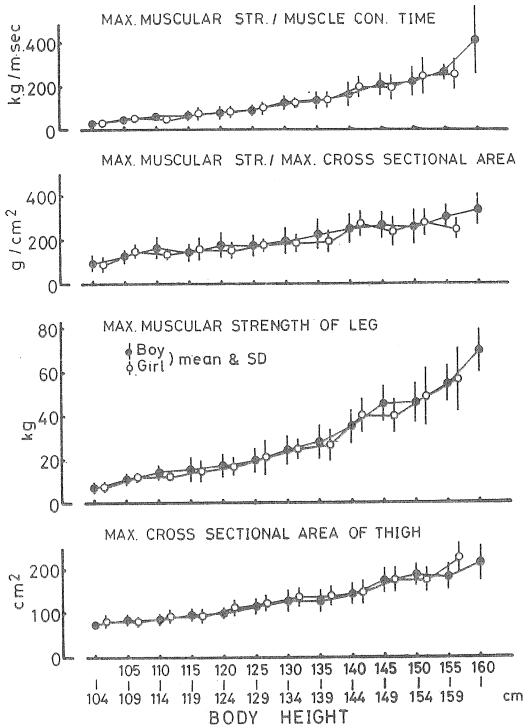
昭和48年度、文部省統計による、体力、運動能力調査結果の全国各年令平均身長値⁷⁾と本研究被検者群の各年令の平均値を比較したものが図1(上)である。男子は11才頃からやや全国値を上まわり、女子はほとんど同じである。又年間発育速度で比較したものが図1(下)である。男女共第二発育増進期に入る年令は、全国平均値とほぼ同じ傾向を示す。従って本研究で採用した被検者群は、第一発育増進期の初期から第二発育増進期の後期にある幼児童である。身長に対する体重、垂直跳、全身反応時間、動作開始時間、筋収縮時間との関係をみたものが図2である。体重、垂直跳は身長の増大とともに増加する。動作開始



図VI-1



図VI-2



図VI-3

時間と全身反応時間も同様短縮される。しかし筋収縮時間は男女共身長 125cm (男平均年令 8.74 才 女 8.24 才) 以後ほぼ定常値を示し, S.D. の幅も小さくなる。身長の発育に伴うパワー Index 及びその関係因子の発達を示したのが図 3 である。脚伸展力, 大腿の横断面積, 単位面積当たりの脚伸展力, 及びパワー Index 共に身長の伸びにともない増大を続けている。図 4 は身長に対する体重, 垂直跳, 脚伸展力の増加を相対的に示したものである。各身長集団別について両対数グラフの X 軸に平均身長, Y 軸に対応する体重, 垂直跳, 脚伸展力値を, プロットしたものである。ここで得られた直線の折れる点を“変移点”とすると, 身長, 体重相対発育については, 森下の報告⁷⁾によると第Ⅰ変移点が男子平均身長 123 cm 付近, 女子 125 cm 付近にある (ほぼ 7~9 才) 第Ⅱ変移点は男子 156 cm 付近, 女子 145 cm 付後にあらわれるのに対し本研究では第Ⅰ変移点が男子 118 cm 付近女子 113 cm 付近で男女共, 森下の報告より低身長である。しかし第Ⅱ変移点では, 男子 155cm 付近女子 147cm, 付近でほぼ同じである。

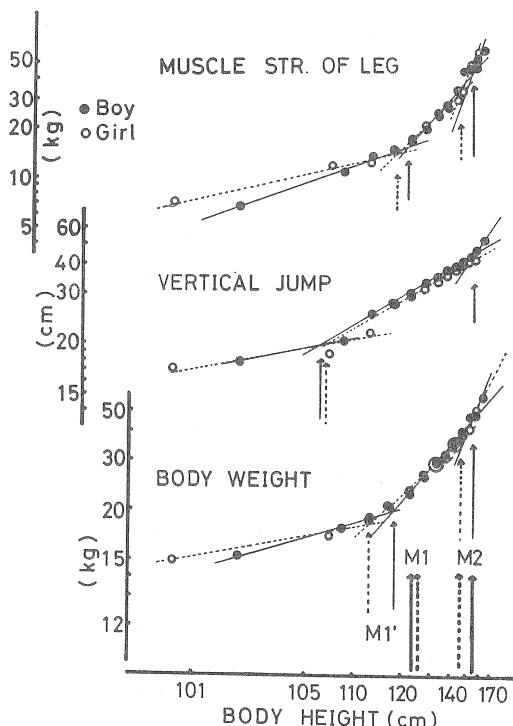


図 VI-4

第Ⅱ変移点は成熟期と関連づけられ, これ以後, 最終形態に近づく。なお身長値で第Ⅱ変移点が一致したが, これを歴年令でみると, 森下より 1 才早くの 15 才に第Ⅱ変移点が移動したことを示し, 昭和 40 年当時より発育の促進化が認められる。機能面でみると身長, 垂直跳の第Ⅰ変移点は男子 106cm 前後, 女子 107cm 前後, 第Ⅱ変移点は男子 156 cm 前後, 女子はここでは単相型を示す。脚伸展力では第Ⅰ変移点は男子 121 cm 前後, 女子 118 cm 前後, 第Ⅱ変移点は男子 154 cm 前後, 女子 149 cm 前後である。第Ⅱ変移点は男子の場合, 体重, 垂直跳, 脚伸展力ともほぼ同じ身長値附近に認められ, 女子の場合体重, 脚伸展力はほぼ同じ傾向を示した。次に垂直跳とパワー Index 及びその因子との相関関係を各身長群別にみたものが図 5 である。図はいずれも回帰直線で示されており, 実線は相関関係が有意に認められたもの, 破線はそうでないものを示す。

垂直跳・パワー Index との間では, 男子は, 低身長では相関がみられなかった。しかし高身長になると明らかに相関関係が認められた。130cm

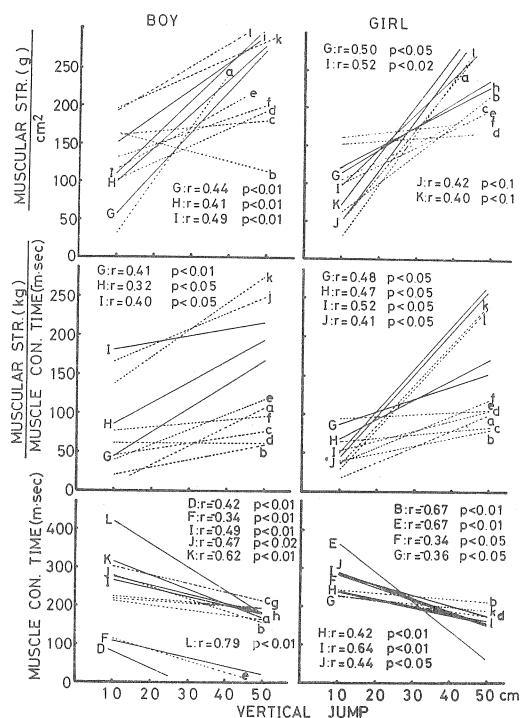


図 VI-5

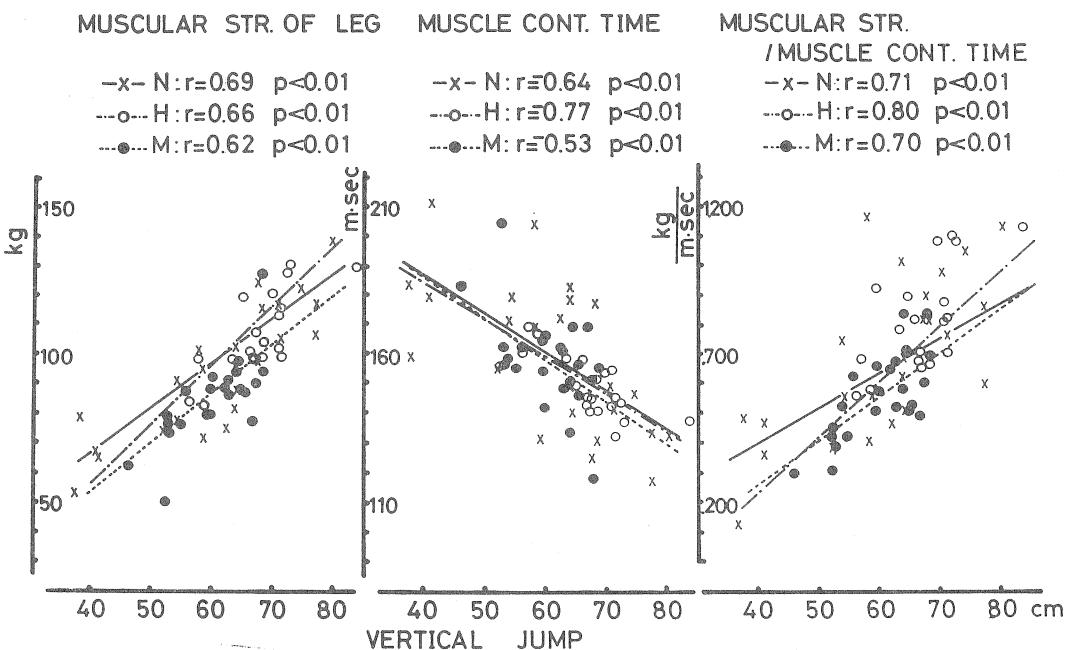
—139 cm 群では相関係数 $r=0.41$ で 1 % 水準で有意, 135 cm—139 cm 群では $r=0.32$, 140 cm—144 cm 群では $r=0.40$, 各々 5 % 水準で有意である。女子は 130 cm 以上 150 cm 迄の各群で各々相関係数 $r=0.41$ 以上を示し, いずれも 1 % 水準で有意である。

垂直跳と筋収縮時間との関係では, 男子の場合 115cm—119cm 群, 125cm—129cm 群, 140cm—144cm 群, 150cm—154cm 群, 155cm—159cm 群はそれぞれ 1 % 水準で有意, 145 cm—149 cm は 2 % 水準で有意であることが認められた。女子の場合 105cm—109cm 群, 120cm—124cm 群, 135cm—139cm 群, 140cm—144cm 群は 1 % 水準, 125cm—129cm 群, 130cm—134cm 群及び 150cm—154cm 群は 5 % 水準で有意であることが認められた。

垂直跳と単位面積当りの脚伸展力では男子の場合 130 cm—145 cm 間の各群, 相関係数 $r=0.41$ 以上で各々 1 % 水準で有意であり, 女子の場合 130 cm—134 cm 群で 5 % 水準, 140 cm—144 cm 群で 2 % 水準, 150cm—159cm 間の 2 群で, 10% 水準でそれぞれ有意であることが認められた。

IV 考察

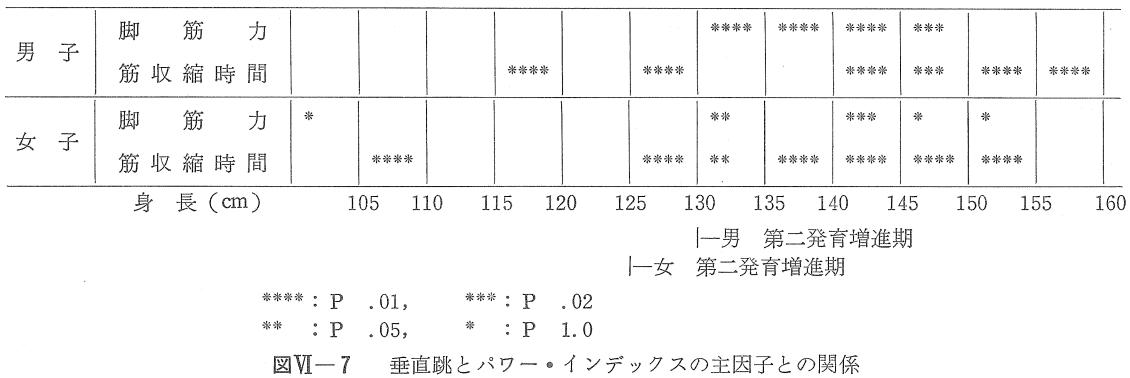
垂直跳とパワー Index 及びその因子として, 筋収縮時間, 脚筋力との関係を昭和49年度(1974) 我国の top athletes の成績から作成したのが 図 6 である。成人男子(全日本選手権上位入賞者) 24名, 高校男子(インターハイ上位入賞者) 24名 中学校男子(全国中学陸上競技大会入賞者) 24名 である。垂直跳とパワー Index の相関をみると いずれも相関係数 $r=0.70$ 以上となり, これは 1 % 水準で有意である。垂直跳と脚伸展力の相関も, いずれも相関係数 $r=0.62$ 以上となり 1 % 水準で有意であり, 筋収縮時間も いずれも相関係数 $r=-0.53\%$ 以上で 1 % 水準で有意である。この top athletes の結果は, 跳能力がパワー Index 及び, それぞれの因子と密接な関係があることを示しているとともに, 逆に, 跳能力が, これらの因子によって限定されるであろうことも示唆している。この因子の内, 筋力については, 身長の発育に伴い発達する。又大腿横断面積当りの筋力も発達する。このことは, 筋の質的発達も, 身体の発育に伴い認められることを示唆するものでもある



図VI-6

る。つまり筋力は筋の横断面積に比例する。従って筋力をその横断面積当たりの値に換算すれば、一般的には年令にかかわりなく同じであると考えられる。しかしトレーニングにより、この横断面積当たりの筋力は増大する。この増大は、一方において、神経系の改善であり、筋力発揮の閾値が高まつたのであろうが、他方において、筋の質的変化も考えられる。従って、身体発育に伴い大腿横断面積当たりの筋力が発達したことは、発育の過程に、このトレーニングによって示された現象が含まれているからだと考えられるからである。ただし筋力測定の場合、低身長群つまり低年令で、充分な筋力発揮がなされたかどうかという点は、まったく疑問である。測定値は、最大筋力が発揮されたものとする断定は不可能である。しかし筋力発揮も又、その閾値の程度によって変るものであるならば、この値は、筋力発揮の performance とみてもさしつかえないと考える。さらに筋力は trainability の最も著明に示される機能の一つに考えられている。なんとなれば、パワー Index の因子のうち、筋力は比較的後天的に獲得されるものだと考えられよう。この筋力に対し筋収縮時間は、ある発育段階から、発達現象が緩慢になる。身長 125 cm 群の男子では 0.205 秒 130 cm 群の女子では 0.190 秒までになる。その後ほぼ定常値を示す。例えば猪飼の報告⁶⁾¹²⁾によれば、一般成人男子の筋収縮時間は 0.177 秒、競技種目別にみてバレーボール男子の 0.193 秒であるといふ。又体協スポーツ研究所調査によれば、ミュンヘンオリンピック、日本代表男子選手の平均が、0.147 秒である。とすると、筋収縮時間は、かなり早い発育段階に、ほぼ成人の値に近づいていることを示している。しかし優れたスポーツ選手とは、かなり差が認められる。筋収縮時間の trainability について猪飼等はその可能性を示唆している²⁾。しかしその報告からすると、例えば、短距離走者の飯島の場合、0.102 秒 (1961) から 3 年間で 0.099 秒 (1963) とわずかな短縮であり、走り高跳びの杉岡の場合も、0.130 秒 (1961) から 0.117 秒 (1963) とわずかな短縮である。これは約 10~12% の短縮にすぎない。このことは、たとえ筋収縮時間がトレーニングにより短縮するに

しても非常にわずかであることが考えられる。とすると優れたスポーツ選手の早い筋収縮時間は本研究結果及び猪飼等の結果から、発育にその発達があまり影響されないとすれば、すでに資質として、ある程度備っていた能力であるとするのが妥当であろう。従ってパワー Index の 2 因子つまり、筋力と筋収縮時間は、前者がトレーニングによって獲得されるもの、後者が素質として備っているものと大別できよう。さて、高く跳ぶという目的で、例えば走り高跳びのような競技の場合、垂直跳の成績が優れているから、競技成績も優れているということができるであろうか。杉岡とブルメルの場合を比較してみよう。杉岡の垂直跳の成績は 1961 年 69.0 cm, 1962 年 70.8 cm, 1963 年 74.0 cm、同競技成績は 2.06m→2.10m→2.08m であった。これに対しブルメルは、垂直跳は 92 cm→104 cm→102 cm、競技成績は 2.25m→2.28 m→2.28m である。ブルメルの記録の背景に垂直跳能力、換言すれば、杉岡よりはるかに優れたパワーがあることが明らかである。1961 年杉岡とブルメルが同時に体力測定した時のパワー Index とその因子について比較してみよう。パワー Index は杉岡の場合、556 g/m.sec. 平均両脚伸展筋力 79kg、筋収縮時間 0.142 秒である。これに対しブルメルは、904g/m.sec, 104kg, 0.115 秒である。ブルメルの方が優れた能力を有しており、この 2 人の間には、すでに基本的能力に著明な差が認められるわけである。そして、換言すれば、猪飼も指摘しているように、2 人の差は、筋収縮時間が決定的因子になっていると考えられる。つまり、先に大別した考え方で言うなら、素質の差ということになろう。この素質としての筋収縮時間を発育発達という立場から、選手の発掘という問題から、又選手の選別時期という点から重要なことである。すでに結果でも示したように、本研究で採用した被検者群は、全国の平均的児童とほぼ等しい形態を有している。しかし 9 年前の森下の資料と比較した場合、第 2 変移点のあらわれる身長は変わらないものの、その身長を有する年令が 1 才若くなっている。発育の促進化が着実に進んでいることが示され、Function においても、この傾向が明らかであった。従って、歴年令による身



図VII-7 垂直跳とパワー・インデックスの主因子との関係

体の成熟度判定は、この促進化が無視できないことからなかなか困難であり、むしろ本研究で示したように身長の発育状態から、逆に歴年令を出して、成熟度判定することが有効であるとともに、Function をみるにしても、発育、発達ということから、身長値よりその発達状態をみる方が妥当である。これ故、選手選別の時期という場合、発育の促進化が進む限り、歴年令で決定づけることは困難であるかも知れない。

さて筋収縮時間が早いということは、生理学背景として、ニューロンが相互に連接するところ、つまりシナップスの疎通（シナップス遅延 synaptic delay）が速いか、骨格筋の分布の上、fast muscle fiber 数が多く、slow muscle fiber が少ない状態にある筋を所有しているかどうかであろう⁵⁾。この内、前者はシナップス間隙（synaptic cleft）を走る伝達物質の放出量とシナップス後膜における抑制程度（inhibition）によるもので、トレーニングにより改善することは可能かもしれない。これに対し、後者の場合は、一般的に資質として生れながらに定まった分布をもっていると考えられている。しかし、シナップス遅延時間にトレーニング効果を認めたとしても、その改善はわずかなものであろう。結局速い筋をより多くもっているかどうかの資質の違いが、筋収縮時間を規定する因子と考えてさしつかえなかろう。図7は、先に示した垂直跳能力に対し、大腿横断面積当りの筋力と筋収縮時間の相関関係を再度簡素に図式したものである。女子の場合、筋収縮時間は身長 125 cm 以上のそれぞれの集団において垂直跳と非常に密接な関係があることがわかる。男子

の場合は、低身長集団においても、集団によって相関関係が認められるものの、高身長集団（140 cm 以上）になって著明になる。これに対し、横断面積当りの筋力は 130cm～150cm の集団において垂直跳との関係が認められるもののその後は、その関係が消失する。この結果は次のことを示している。

第1に発育に伴い筋が充実し筋力が増強するのに、垂直跳の伸びは筋力に比較し緩慢で、ある時期にくると、筋力が急速に発達するのに垂直跳はその伸びの速度がはやまらない。従って、垂直跳に筋力の因子が反映するにしても、その影響力は低下する。第2に、筋力とは逆に、ある年令から、ほとんど発達しなくなる筋収縮時間が、筋力が急速に増加する時期から垂直跳の成績に大きく影響してくるということである。つまり相対発育からみると、第2変移点以後、身体が成熟する過程において、発育の速度に伴い発達する機能は、多分に資質の要素を含む機能にかならずしも多大な影響を与えるとはかぎらず、むしろその時期から、資質が機能の優劣の因子として決定的になりはじめると考えられよう。発育過程に対する発達曲線が、垂直跳と筋力とでは、まったく異なるパターンを示したのは、こうした結果からだとも受けとられよう。

このように考察されると、発育途上にある、ある年令で、垂直跳が優れているから跳能力の資質を備えていると断定するのは危険である。少なくとも second-growth spurt³⁾ のピーク期か、その前後を経過しなければ、外に現われた結果からすぐに資質を断定することは、避けるべきだろ

う。聞くところによると、東ドイツでは13才前後においてスポーツ選手としての選定を実施し、それ以後専門的にスポーツ指導を、その選定された少年少女に行っているという。本研究からすると、男子は12才前後、女子は11才前後で選別が可能と考えられるが、多少の allowance を考えに入れるなら東ドイツの13才における選別というは、本研究結果とも一致する時期であろう。では、跳能力の資質が筋収縮時間であるならば、すでに7~8才頃に発達は止るのであるから、この時期を選別期としても良いではないかとの疑問があろう。しかし大腿横断面積当りの筋力が発育に伴い増加しているということは、まだ筋の質的変化が進行中であるとも受けとられるであろうし、fast muscle fiber が外になし得る作用という点で不充分かも知れない。なぜなら、定常値になっていてもまだ一般成人の筋収縮時間より、約0.03秒程度の差が認められる点で、おそらく筋収縮時間の短縮の可能性が含まれていると考えられるからである。この差が発育によるのか、他の機能の発達と関連によるのか、あるいは筋・神経系の質的変化によるのか不明である。従って、この筋収縮時間が実際に外に現われた performance (この場合垂直跳の成績) と直接的関係が生じてきた疊期に、はじめて資質としてこれを取り扱う方がより確かであると思われるのである。例えば具体的に13才のA君とB君の2人の少年が、共に60cmの垂直跳の成績を示したとする。A君は脚力が両脚平均で、100kg、B君は80kg、筋収縮時間が、A君は0.182秒でB君は0.112秒であるとすると、将来跳能力を伸ばすには、どちらが資質として優れているかという比較をしなければならない時、「B君である」といってさしつかえないであろう。しかし9才の児童に同じ垂直跳能力であるから筋収縮時間が速いから跳能力に優れた資質をしていると断定するのは早計であろうというのである。

従って、本研究結果から、筋収縮時間は、跳能力の資質とみなすことが出来ようが、跳能力と直接関係が認められない second-growth-spurt のピーク前の発育において、資質とみなすことは危険性がある。しかし相対発育における第2変移点

以後では、積極的に資質とみなしてもさしつかえないと考える。これ故、跳能力の優れた選手を早期に選別する手段として、筋収縮時間と垂直跳を計測し資質と能力を判定していくことは有効なものであると考えられる。

V ま と め

- 1) 跳能力の指標としての垂直跳とパワー Index との間には第Ⅱ発育増進期 (男 130cm, 女 125 cm) 頃から有意な相関が現われる。
- 2) パワー Index の因子となる筋力及び筋収縮時間と垂直跳との間には、男子では第Ⅱ発育増進期に入る頃からまず筋力と有意な相関が現われ、増進期のピーク (140 cm) 以後筋収縮時間とも有意な相関が現われる。以後相対発育の第Ⅱ変移点 (150 cm) にさしかかる頃から以後は筋力との相関が消失し、筋収縮時間は有意な相関が持続する。女子は筋力との関係は薄く、第Ⅱ発育増進期 (125 cm) 以後筋収縮時間との有意な相関が現われ持続する。従って筋力以上に筋収縮時間が跳能力の指標の1つとなりうるを考えられる。
- 3) 筋収縮時間は第Ⅱ発育増進期前後から男女共、加令による発達が非常に緩慢であり成人値とあまり差のこと、又 trainability の少いものと考えることから、跳能力の資質の1つと考えられる。
- 4) 垂直跳、及び筋収縮時間が、将来の跳能力の指標の1つとなりうるのは、相対発育からみて第Ⅱ変移点 (男 155cm, 女 147cm) 以後と思われる。

参 考 文 献

- 1) 猪飼道夫：陸上競技、東京オリンピック科学的研究報告 37—50 1965
- 2) 猪飼道夫、浅見高明、芝山秀太郎：全身反応時間の研究とその応用、Olympia 7 210—219 1961
- 3) 猪飼道夫、高石昌広：身体発達と教育、第一法規 1967
- 4) 金子公宥：慢性エルゴメーターによる人体筋パワーの研究、体育学研究 8 (3, 4) 72—82) 1969
- 5) 真島英信：生理学 (1967)
- 6) McCloy, C. H. : Recent studies in the Sargent Jmp. Res Quart 3 (2) 235—241 1932

- 7) 森下はるみ：相対発育よりみた成熟の研究，体育
学研究 8 (3, 4) 93—99 1965
- 8) 文部省，昭和48年度，体力，運動能力調査報告書
1974
- 9) Sargent. C. H. : The physical test of a man
School and Society 3 (2) 235—242 1932
- 10) 渋川侃二，春山国広，三浦望慶：垂直跳における
パワーについて，体育学研究 10 (2) 201 1966

附表1 A 男子

身長区分		身長	体重	垂直跳	全身反応時間 msec			平均大腿囲	大腿大断面積	平均脚力	脚力 横断面積	脚力 筋収縮時	垂直跳 × 体重
					cm	kg	cm						
—104	N	14	14	14	14	14	14	6	6	6	6	6	6
	M	101.91	15.39	17.84	565.29	265.36	831.14	30.28	73.09	6.71	92.83	29.00	298.12
	S	1.61	0.79	3.93	103.10	45.18	110.52	1.32	6.44	2.58	38.51	15.53	50.11
	C V	1.58	5.13	22.03	18.24	17.03	13.30	4.36	8.81	38.45	41.48	53.55	16.81
105—109	N	33	33	33	33	33	33	12	12	12	12	12	12
	M	107.99	17.79	19.06	501.21	247.85	749.12	32.98	86.79	10.80	125.75	43.92	365.68
	S	1.46	1.17	4.69	138.69	31.59	145.13	1.64	8.84	2.49	32.02	11.56	88.26
	C V	1.35	6.58	24.61	27.67	12.75	19.37	4.97	10.19	23.06	25.46	26.32	24.14
110—114	N	41	41	41	41	41	41	18	18	18	18	18	18
	M	112.91	19.33	25.04	438.59	267.78	703.94	32.73	85.85	13.72	163.61	57.17	510.72
	S	1.30	1.48	6.17	111.17	51.76	133.81	2.66	13.83	3.78	49.27	16.40	112.03
	C V	1.15	7.66	24.64	25.35	19.33	19.01	8.13	16.11	27.55	30.11	28.69	21.94
115—119	N	55	55	55	55	55	55	30	30	30	30	30	30
	M	117.15	20.99	27.63	407.18	235.25	642.92	34.63	96.00	14.75	140.93	61.60	582.85
	S	1.48	1.79	5.09	95.48	45.59	121.41	2.54	14.52	6.17	40.81	21.37	116.23
	C V	1.26	8.53	18.42	23.45	19.38	18.88	7.33	15.13	41.83	28.96	34.69	19.94
120—124	N	52	52	52	52	52	52	36	36	36	36	36	36
	M	122.39	22.99	30.11	390.16	230.25	620.02	35.17	98.84	16.97	174.11	78.75	692.72
	S	1.43	1.82	4.68	95.78	43.37	110.44	2.19	12.42	5.29	56.38	30.50	123.96
	C V	1.17	7.92	15.54	24.55	18.84	17.81	6.23	12.57	31.17	32.38	38.73	17.89
125—129	N	71	71	71	71	71	71	46	46	46	46	46	46
	M	127.63	26.10	33.24	333.32	205.24	534.93	37.98	115.73	19.50	171.00	88.00	846.99
	S	1.33	2.79	5.88	75.87	39.89	84.39	3.08	18.99	5.65	50.64	27.62	128.56
	C V	1.04	10.69	17.69	22.76	19.44	15.78	8.11	16.41	28.97	29.61	31.39	15.18
130—134	N	81	81	81	81	81	81	58	58	58	58	58	58
	M	132.20	29.40	35.16	335.72	205.55	540.77	45.96	127.27	23.80	192.72	120.84	1,020.35
	S	1.39	3.53	5.64	79.63	42.49	93.10	48.12	23.43	6.61	61.28	37.73	164.40
	C V	1.05	12.01	16.04	23.72	20.67	17.22	104.70	18.41	27.77	31.80	31.22	16.11
135—139	N	67	67	67	67	67	67	41	41	41	41	41	41
	M	137.16	32.05	37.52	306.63	200.30	508.57	39.81	127.53	27.51	222.93	135.61	1,157.66
	S	1.45	3.77	5.82	76.02	31.54	80.74	4.40	26.54	7.88	67.57	43.96	187.41
	C V	1.06	11.76	15.51	24.79	15.75	15.88	11.05	20.81	28.64	30.31	32.42	16.19
140—144	N	48	48	48	48	48	48	30	30	80	30	30	30
	M	142.08	35.53	39.28	261.00	201.99	462.55	42.14	142.49	34.26	247.73	161.63	1,307.48
	S	1.44	4.81	7.31	54.58	33.51	65.23	3.76	25.64	8.11	68.58	49.62	278.51
	C V	1.01	13.54	18.61	20.91	16.59	14.10	8.92	17.99	23.67	27.68	30.70	21.30
145—149	N	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	M	147.46	41.52	41.25	230.52	219.90	450.14	46.41	172.58	44.68	264.24	208.10	1,701.27
	S	1.43	6.15	6.23	70.21	32.01	80.49	3.97	30.22	9.28	63.75	53.65	311.89
	C V	0.97	14.81	15.10	30.46	14.56	17.88	8.55	17.51	20.77	24.13	25.78	18.33
150—154	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	M	151.71	47.23	36.73	250.00	216.30	466.60	48.33	187.14	45.60	254.70	221.50	1,866.38
	S	1.65	6.99	9.26	97.54	39.60	119.41	3.83	29.69	9.30	83.93	73.80	396.42
	C V	1.09	14.80	25.21	39.02	18.31	25.59	7.92	15.87	20.39	32.95	33.32	21.24
155—159	N	10	10	10	10	10	10	7	7	7	7	7	7
	M	156.96	47.67	47.22	237.60	205.40	443.20	47.50	181.08	54.14	303.14	265.43	2,224.23
	S	1.12	7.82	5.80	63.72	42.01	75.95	4.22	32.17	9.06	51.33	38.77	207.21
	C V	0.71	16.40	12.28	26.82	20.45	17.14	8.88	17.77	16.73	16.93	14.61	9.32
160—164	N	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	M	162.52	58.20	52.04	198.80	213.20	412.20	51.57	213.53	69.30	334.20	415.40	3,009.80
	S	1.29	7.03	5.54	32.33	45.88	37.53	4.77	40.75	10.05	70.93	161.09	379.53
	C V	0.79	12.08	10.65	16.26	21.52	9.10	9.25	19.08	14.50	21.22	38.78	12.61

附表1B 女子

身長区分		身長	体重	垂直跳	全身反応時間 msec			平均大腿屈	大腿横断面積	平均力	脚力 横断面積	脚力 筋収縮時	垂直跳 ×体重
					cm	kg	cm						
—104	N	26	26	26	26	26	26	4	4	4	4	4	4
	M	100.75	14.96	17.04	577.73	231.85	810.04	32.23	83.29	7.00	89.50	30.00	266.13
	S	3.25	1.84	16.71	76.23	36.24	91.34	2.72	14.03	2.03	40.02	14.20	85.53
	C V	3.23	12.30	98.06	13.19	15.63	11.28	8.44	16.84	29.00	44.72	47.33	32.14
105—109	N	26	26	26	26	26	26	3	3	3	3	3	3
	M	107.48	17.06	18.76	526.90	242.60	768.65	31.67	80.24	11.75	150.00	53.67	425.23
	S	1.34	1.10	5.82	132.57	52.84	125.15	2.18	11.16	1.81	33.97	10.53	207.27
	C V	1.25	6.45	31.02	25.16	21.78	16.28	6.88	13.91	15.40	22.65	19.62	48.74
110—114	N	40	40	40	40	40	40	11	11	11	11	11	11
	M	112.64	18.87	21.65	522.62	243.54	766.16	33.52	90.25	12.09	136.82	48.36	423.21
	S	1.46	1.63	5.75	102.52	44.25	111.23	3.10	17.05	1.69	24.27	7.51	65.87
	C V	1.30	8.64	26.56	19.62	18.17	14.52	9.25	18.89	13.98	17.74	15.53	15.56
115—119	N	40	40	40	40	40	40	18	18	18	18	18	18
	M	117.78	20.77	27.03	440.97	241.88	683.12	34.14	93.51	14.60	158.78	74.39	542.83
	S	1.30	2.15	4.25	107.06	46.79	131.20	3.03	17.12	4.88	54.98	32.82	83.97
	C V	1.10	10.35	15.72	24.28	19.34	19.21	8.88	18.31	33.42	34.63	44.12	15.47
120—124	N	54	54	54	54	54	54	23	23	23	23	23	23
	M	122.39	23.22	29.01	411.31	224.65	634.73	37.11	110.39	16.47	150.13	78.96	706.63
	S	1.44	2.25	5.06	108.48	55.31	133.46	3.03	18.31	4.61	37.53	24.65	103.09
	C V	1.18	9.69	17.44	26.37	24.62	21.03	8.16	16.59	27.99	25.00	31.22	14.59
125—129	N	54	54	54	54	54	54	25	25	25	25	25	26
	M	127.39	26.44	31.08	375.11	212.43	589.40	39.25	123.61	20.92	174.64	101.52	865.17
	S	1.40	3.64	5.15	89.24	49.24	118.14	9.02	18.06	18.98	27.02	27.54	18.12
	C V	1.10	13.77	16.57	23.79	23.18	20.04	3.54	22.32	3.97	47.19	27.96	156.73
130—134	N	50	50	50	50	50	50	21	21	21	21	21	21
	M	132.38	29.20	30.07	333.90	190.22	525.70	41.22	136.18	24.58	184.86	124.24	974.25
	S	1.46	3.59	5.79	65.48	32.53	65.70	3.38	22.59	4.72	43.62	25.13	224.88
	C V	1.10	12.29	17.51	19.61	17.10	12.50	8.20	16.59	19.20	23.60	20.23	23.08
135—139	N	46	46	46	46	46	46	20	20	20	20	20	20
	M	137.60	32.28	35.70	326.45	189.20	516.12	41.59	138.54	26.14	192.40	136.50	1,151.97
	S	1.45	5.16	7.07	78.76	32.85	87.30	3.23	21.62	7.18	53.93	36.12	235.79
	C V	1.05	15.99	19.80	24.13	17.36	16.91	7.77	15.61	27.47	28.03	26.46	20.47
140—144	N	34	34	34	34	34	34	19	19	19	19	19	19
	M	142.20	35.51	37.14	321.38	196.88	518.26	42.90	147.55	39.42	271.74	197.79	1,279.51
	S	1.37	5.06	4.79	93.48	26.62	102.60	3.54	24.83	7.62	57.98	50.18	189.49
	C V	0.96	14.25	12.90	29.09	13.52	19.80	8.25	16.83	19.33	21.34	25.37	14.81
145—149	N	37	37	37	37	37	37	19	19	19	19	19	19
	M	147.52	38.74	39.64	316.35	207.19	515.35	46.45	173.05	39.08	234.74	193.95	1,494.96
	S	1.51	4.79	6.92	63.38	31.77	81.98	3.95	28.97	8.49	73.60	60.98	218.30
	C V	1.02	12.36	17.46	20.03	15.33	15.91	8.50	16.74	21.72	31.35	31.44	14.60
150—154	N	25	25	25	25	25	25	19	19	19	19	19	19
	M	151.90	41.41	40.86	266.72	200.56	463.28	46.65	174.35	48.11	275.16	247.42	1,612.12
	S	1.41	4.51	3.64	65.72	22.19	78.02	3.67	28.13	13.75	59.41	89.02	429.37
	C V	0.93	10.89	8.91	24.64	11.06	16.84	7.87	16.13	28.58	21.59	36.05	26.63
155—159	N	10	10	10	10	10	10	6	6	6	6	6	6
	M	156.87	50.17	41.56	275.40	194.10	474.50	53.08	225.72	56.04	248.50	256.00	2,186.44
	S	1.45	6.58	5.46	122.02	32.83	108.73	4.19	34.39	14.88	48.53	74.77	256.25
	C V	0.92	13.12	13.14	44.31	16.49	22.91	7.89	15.24	26.55	19.53	29.21	11.72

附表2

昭和49年度各競技会上位入賞者の測定値

		垂 直 跳	脚 力	筋 収 縮 時 間	脚 力 筋収縮時間
一 般 全 日 本 選 手 権 上 位 入 賞 者	N	(cm) 24.00	(kg) 24.00	(msec) 24.00	(g/msec) 24.00
	M	61.25	98.42	158.83	640.47
	S D	12.10	26.54	24.79	209.64
中 学 全 国 中 学 生 陸 上 競 技 大 会	N	24.00	24.00	24.00	24.00
	M	60.17	87.02	157.37	551.89
	S D	5.92	15.57	15.85	125.15
高 校 全 国 高 等 学 校 陸 上 競 技 大 会	N	20.00	20.00	20.00	20.00
	M	67.89	112.10	148.70	756.78
	S D	6.04	18.25	10.30	140.22