

版 81

## キネシオロジー研究会

## テレメーターのキネシオロジーへの応用

石 河 利 道

エレクトロニクスの発達とともに最近はテレメーターが普及し、これが体育学の中に導入されるようになつて来たので、キネシオロジーの面にもいろいろと利用されるようになつた。テレメーターは使用に当つてある相手の動的があるが、一面テレメーターによらなければ達成しえない現象もあり、その得失をわきをえて注意することが必要である。従来からテレメーターは主として心電図の波形に用いられているが、さらに広い応用範囲を考えすべきである。

## 〔筋電図〕

筋電図は動作分析の立場から重要であるが、現行の筋電テレメーターの多くは2チャンネル、簡々1チャンネルで、筋のはたらき方のパターンを知るにはチャンネル数が少なすぎる。怪重で、安価で、調整の容易でかつ1チャンネル以上の器械ができるないと、本当に意味で動作分析の研究ができないので、この点の開発が望まれる。現行では中間的段階として有線でフィールドワークをするのが適当であろう。例：筑波女子大学渡辺俊男教授（スキーの回転の筋電図）

## 〔呼 吸〕

呼吸と動作との関係は意味深く、たとえば筆者の研究によればランニング中の呼吸は、4—2ステップ毎に1呼吸する場合が多い。

トレッドミルではステップ数がおそいので実際のランニングよりも呼吸がおそい。

呼吸のピックアップとしてはサーミスターを用いて呼気による温度変化を知るが、プロイモグラフを用いて胸廓の変化を知るかであろう。この方式では何れも呼吸数しか計りえないので、呼吸量を知る手がかりにはならない。

## 〔初速度〕

加速度は速度のピックアップとして加速度計を設置すればよい。生体の受けける初速度は数g以内であるから、加速度をテレメーター化するのが容易であり、実験に非常にきれいな曲線をうることができ。筆者の測定によるとシェルエイトの初速度は約1.1gであり、また筆者はランニング中のステップを知るためにも加速度計を用いている。生体増幅器に用いられるR.C結合型では正確な初速度曲線がえられない。

## 〔速 度〕

速度を直接テレメーター化しようとすると困難が伴う。例外として車輛の速度は車の回転数から、船の速度は水に対する流速から求められることはないが、このようなことが研究対象となることは稀である。

瞬間的なからだの速度をテレメータで調べるには、速度を直接求めないで加速度を積分

したほうが容易である。荷物重量は測定値につかないで、記録器の方につけることができるから便利である。ただし、加速度が一方向だけであれば、速度も一方のみ速度しかわからない。これでは立体的な動きをする人体の運動を再現することはできない。

したがつて、原則的には速度はテレメーターによらないで映画撮影法や、光のビームをカットする方法によつて行ない、必要な信号だけテレメーター化するのが適当であろう。

### [力]

ストレーナーングの開発以来、力の測定は容易になつた。人体の運動では、すみやかにからだの移動が起るので、テレメーターによらなければ力の発揮状況を把握できない場合がある。力の発揮の経過を知ることはまた技術を手直し詳細する手がかりにもなる。例：

## 目先きを追いつぎるだろうか？

大日本大学 大島 繁吉

キト研には最も不真面目なメンバーであることをかねがね心苦しく思つていかが、たまたま“走”“跳”の研究会があるとのせいで、1月の例会に当かけた。風の吹く寒い夜であつた。

しかし会場の中では、いろいろな意見が交わされ、外と音つて汗に吹つぼい音などつた。ありふる各の研究者の論議があつた眞剣な雰囲気で、織り結ぶ一途な態度には圧倒されたが、だからといって選手上見解がひとつにまとまることもなかつた。この開拓的教授などの元気があり気なく方向づけに腐心する様子を見て前向きに育ついくなと快かつた。

それはとにかく専門そりぎわに“約束通り何か受け！”と幹事から責められた。いつ約束したか度忘れてしまつていたが、あるいは何かの機会に受け合ひしていたのかも知れない。

そんなわけで、切角の機会だから庄文を出してみようと思つたのである。

私同：テレメーターによつてポートのホールにかかる力の測定。

着市長としてRC型が用いられないのが欠点であるので、テレメーターを改文するとき、時定数を無限大にしうるようにしておくといい。

### まとめ

テレメーターはキネシオロジーの研究手段として重要である。しかし器具の発達などや取扱いのはんぱさもあるつて、テレメーターがキネシオロジーの間にまだ充分取入れられていないので、今後の開発が望まれる。記録する質には主観的なものと客観的なものがあり、両者を併せて記録することが、キネシオロジー研究の上に重要だと想われる。

## 目先きを追いつぎるだろうか？

大日本大学 大島 繁吉

あの等々と頭をかすめたのが、問題は空気抵抗をキネシオロジー的に検討できないものだろうかということである。飛行社乗員のやつた出来だが、わたしにはいつも毎日前の事件が常にかゝつて仕事がない。こんなもそうだが実はオリンピック・メキシコ大会が近づいていたので宿題を貯めていたのでそんな思いつきが飛び出したのだろう。

もつとも空気圧に備えて身体をどのように準備したら良いか？この問題は主としてスポーツ生化学の範囲だらう。そしてこの点では研究もされ現にも進んでいる。だが低気圧が空気抵抗の減少でスピードや出力にどんな影響を与えるかとなると、これはどうやらキネシオロジーの専門範囲になるような気がしてならない。しかも卒業に亘つてこの側面の研究が十分されていないのである。そこで現場のものとしてはそり点について何らかの解答が欲しいわけである。

具体的に言えば、仮に低気圧が100m走

のスピードに影響する（走歩法、三段跳、体幹筋の効率でも良い）。すると競技者にりつばな等をさせるために、再びトレーニング法に戻るのだが、その競技者個別のパワーに+Aの機能を育成開発しなければならない。またボール・ゲームの場合、ボールラスピードに影響が及ぶとすれば、それに応えて規定、判断力、身体の敏感なこなしを改めてもう一段高い次元を操作しなければならないのである。研究の対象は20競技100種目に及ぶ。だがいそこの時点ではそう欲張った注文は出せない。せめてその一部にでも手がかりが欲しいと言うのがいつわりのない気持ちである。

ところでもうひとつ問題がある。それは練

### ひろば 第31回 12月15日

上記で例の企画用トラックが企画したので急にクローズアップされた問題である。消しゴムを通常したトラックと土では身体への反応力が全然異なる。しかもこの植物はスパイクが強烈する頃の“伸び”を毫端に許さない（そのため況々選手など多くの者が脚を痛めた）。問題はこの長った舌状をマスターするのに珍らしいトレーニング法によるのが良いか？それとも走法（技術）の改善によるのが良いか？である。あるいはその両方かも知れない。この点でも研究がして欲しいのである。とも角メキシコの成績があすの日本のスポーツの運命を左右するだろう。そう信じこんでいる。現場は目先きのことを消し過ぎているのだろうか？

### 簡便なフィルム分析装置の試み

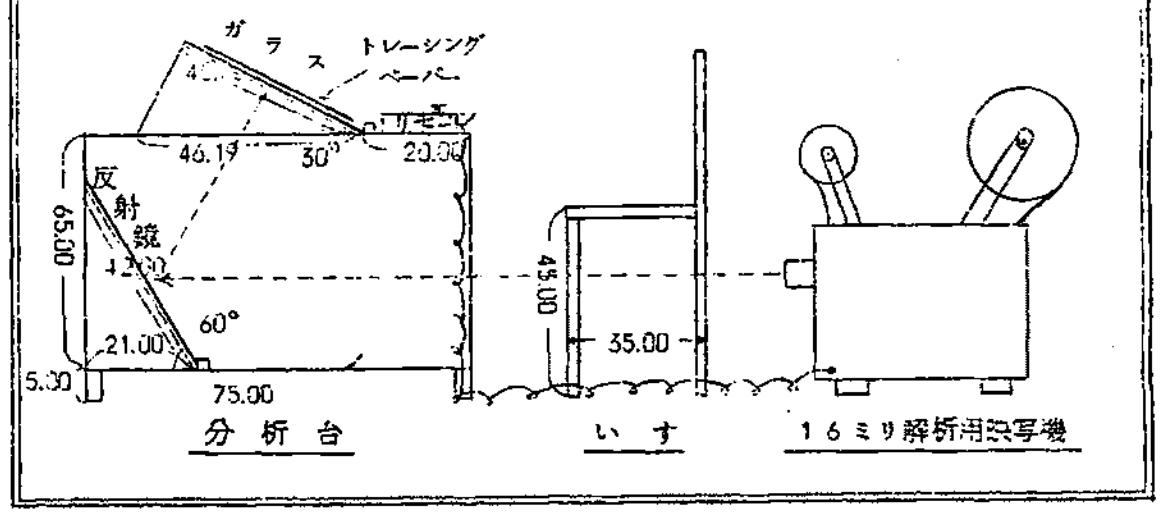
藤村陽一

「ひろば」75号に東京大学の古谷氏が、「フィルム分析台の試作について」と題して発表しておられたが、豆もその頃資料を手元の中から16ミリ映写機と映写鏡を手に入れて、古谷氏と同じく分析台を作りかけていました。古谷氏のお考案を拝見して、多いに参考になり、すぐに次図のような分析

装置を作つて今も使つています。

フィルムから動作その他の走行を直視し、それによつて運動分析を行なうのに場合のよい大きさは大体B4紙程度ですが、この大きさに映写するにはレンズからおよそ150cm～200cmの距離が必要です。これらの点を考えてなるべく動かなくてもよいように、そし

映写機による分析装置



ひろば 第31 1966.5.1

て記録しやすいようにさせてみつけたりです。反射鏡には市販の上質ガラスを選び、ピントグラスには透明の上質ガラスを用いてその上にトレーシングペーパーをおいて読みします。ピントグラスの代用にもなるし、そのまま記録することもできます。映写室よりモートコントロールになつているので、ピントグラスの手前に20cm巾の板を取り、リモートコントロールや操作用具をおくようにしました。ピントグラスの噴射は20度から30度が適当のようです。水面に近くなると見にくく、急斜面になるとペーパーがずれたり、書きにくかつたりします。いろいろやってみましたが、結局30度に固定しました。それに応じて反射鏡の角度も決めました。

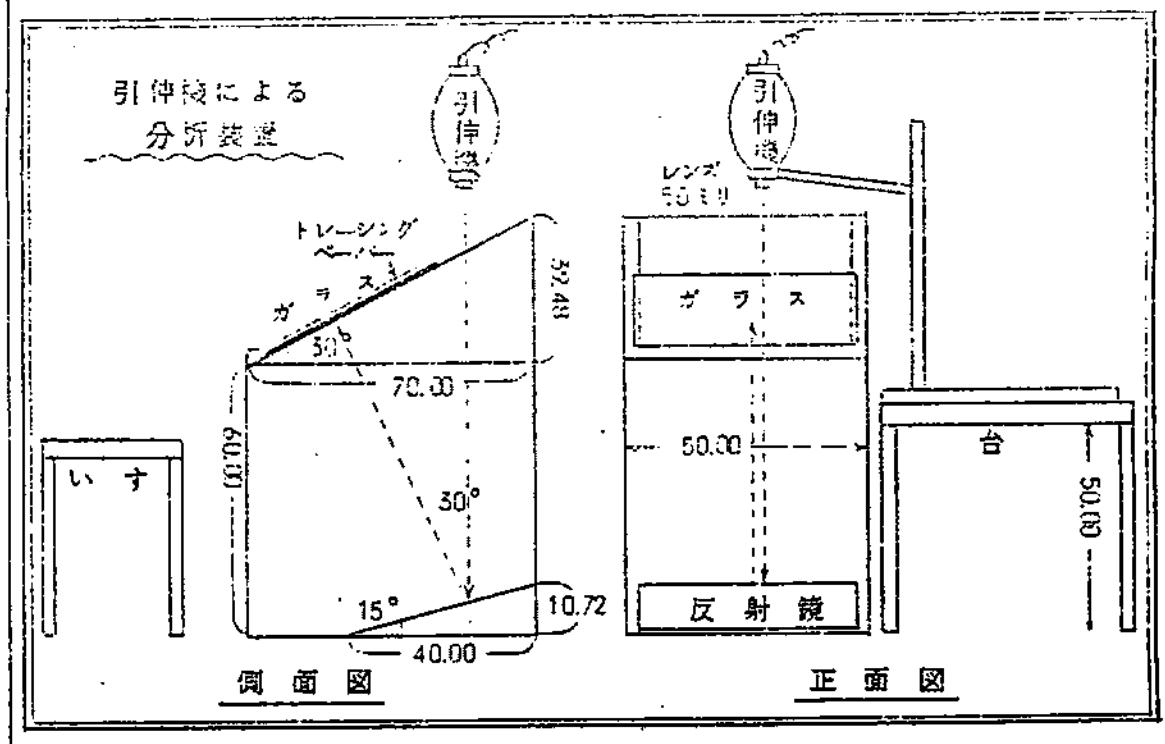
映写機を使った場合には、フィルムを長く停止すると熱のためにフィルムがまがつてピントが狂つてしまうことです。ピントもリモートコントロールになつておれば好都合ですが、今のところそれは至りませんから、手を後方にのばしてときどきピントを合わせることにしています。そのためにはいす

のすぐ近くに映写機をおく必要がります。

私の方法では装置の検査として運動分析をとり上げていますが、一度に10~15名の学生が来ますから、分析装置が一つではとても間に合いません。そこで考えたのが次の装置です。

図のように引伸機を使つて上から映写し、反射させてトレースする方法です。引伸機には15ミリ用のワクを作つてはあります。引伸機なら比較的安価ですから、これを数台並べて使っています。ただ問題になるのは光源が100W~250Wの範囲であることです。(當葉書のものなら300Wが使えますから問題はありません)。そこで15ミリレンズを使ってなるべく光源を近づけるようにしましたが、それでも15ミリをB4板に押さすには150cm~200cmの距離が必要です。したがつてフィルムを明るく仕上げておくことが要求されます。私のところでは以上のような調子でやつていますが、名案がありましたらお教え下さい。

(高知大学教育実験室)



## キネ研例会発表より ーその1ー

## 脳波のデータ処理

## —重ね合わせ法について—

山本 高司

運動のメカニズムを追求する場合、二つの方法がある。一つは、筋電図などの測定における現象を用いる場合、すなわち、中枢における現象の形のようなものを導きとする方法であり、もう一つは、脳波などのような中枢における現象そのものを指標とする方法である。前者は、実験技術が比較的容易なために、早くから採用されている。それにひきかえ、後者は、ほとんど採用されていない。それは、「運動と脳波」に関する実験方法がまだ確立されていないからである。運動時の脳波から離音を取りつぞくのは、いつも苦労するところである。しかし、この問題は、我々運動生理学者を攻撃するものこそ解決しなければならないと思う。

さて、手始めに、次のような実験をやつてみた。被検者をシールドルームに入れ、手に卓球の筒を持たせ、「1分間延々10回ほど随意にかたく握れ」と命じておき、前腕屈筋よりEMGを、頭皮上よりEEGを同時記録した。

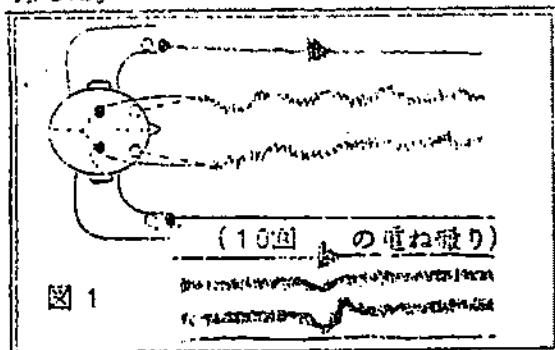


図1

さて、データを見てみると、その一回だけの現象を肉眼でみただけでは、何の変化も認められない。それは、脳波が随意運動とは無関係に、常に数十μVの電位をもつているた

めである。随意運動による変化分だけを引き出すためには、自発性脳波を行消す必要がある。フィルターを使用して行消することも考えられるが、随意運動による変化分と自発性脳波の周波数成分が似ておれば假の文にも立たない。そこで、浮かびあがつてくる有力な方法は、「重ね合わせ法」というテクニックである。この方法は、Dawsonによつて1947年に考案された。彼は、この方法を用いて、肺経を電気刺激し、その電気刺激をトリガーとして頭皮上よりその随意運動を記録するのに成功した。ちなみに、この「重ね合わせ法」は、仏の有名な数学者であり天文学者である Laplace\* (1749-1827) が、Dawson よりもずっと前に、脳波曲線のデータを整理するのに用いていた。Dawson は、この Laplace の方法を見たのかどうかは知らないが、自分の専門外の人や本に親しむと、時折自分の研究に画期的な発見がもたらされることがあるということを痛感した。

さて、随意運動により頭皮になんらかの規則的変化があれば、EMGを起点としても統計曲線を何回も重ねた場合、自発性脳波は行消されて一匹の太い直線となり、かくされた変化分だけが浮かび上つてくる。いわば、「多数決」の原理とでもいいうか、猪飼先生にいわせれば最も「民主的」な方法である。随意運動によるEMGをプラウン管オシロスコープの補引トリガーとする場合には、高精度のエレクトロニクスの技術が要求される。そこで、その目的をすこしもそこなわず、そして技術的にも容易な方法は、データをトレース紙にトレースすることである。しかし、これも何

底トライースするうちに、下記データが得たくなる。これを試みるのが、カメラによる「筋肉図」である。この方法をやめると、連続した EMG の写真の方もわかる。

ここで問題になるのは、カメラの露出である。理論的には、画面の重ね取りをするすれば、1 回の露光は通常 3 分の 1 (一枚どりのとき完全にフィルムが感光する露過) の  $1/n$  である。しかし、その露過倍率が 1 回について  $n$  とすると、10 回では  $10 \times n$  となり、うまく専らなくなることが無い。露過計を使おしても失敗することが多く、経験的に落と時間を考えるより方法がない。

このようにしてデータを取得した後、頭皮上から筋肉運動による feed back の情報をとしての説明電位が説明された。しかし、EMG の写真には、筋肉運動によると思われる筋肉的変化何も認められなかつた。

この筋肉運動の時に変化等が認められないということは、この筋肉運動に対する反応を示しているものと見る。すなはち、そつと手をすがさず存在しても（筋肉には存在すると思われる）、肉眼で検出できぬほど小さいということも考えられる。この筋肉運動の特徴的とするところを絶対的に検出せたものは、最近のエレクトロニクスの発達によると手書き式信号処理 (Computer of average increment, 略して CAT) の出現である。こ

れまことに言ひて、今までの手書き法（たとえば、支那宣伝とか）やさらに本邦のさまざまな分析における登場が頻繁されている。この装置の強點は、データに迷うなどによる誤差が混入し、正しい情報がそれにうちれてしまついていても、確実を消去させ、正しい情報を提供してくれるということである。アメリカではこの装置を精神医学にも応用して、通り中の血圧動脈や心拍出量記録をもはいでいる。

思えば、Laplace にはじまつた運命会わせ法は、Dawson によって精神医学には入れられてから今、その発展としての CAT の出現をみ、それが既に、生物学はもちろん、物理学や化学の諸分野にまで通用されつつあるのである。科学は命み合ひであることをつくづく思う。

しかし、CAT の結果で運命会わせ法が不適になつたかというと、そうではなく、重ね会わせ法にはまだいろいろと残された分野、たとえば、EMG の運動会わせ法による  $\mu$  KHz の評価とか、歩きや手足の筋肉会わせ法によるハドーインの筋肉量の検証とかのまだ手のつけられていない、そして運命会わせ法なら大きな力を發揮することとの印象されている分野があるのである。歩きは、常に所しき筋肉を含んでいる、かと思ふこのごろである。

(東大精神科)

\* 亂射論文：筋肉運動の類別法、群の運動観察  
第一回分析法とその応用(豪吉編)  
医学出版社、1955。

ひろば4.2年会計報告	
(収入)	
前年くりこし	33,024-
学金よりの講義料	12,000-
会員収入	5,450-
貢金利息	186-
	9,5710-
(支出)	
ひろば印刷代(7回分)	33,700-
(但し3.1号分は含まれず)	
ひろば発送費	2,103-
(但し3.1号分は含まれず)	
通 路 費	4,583-
キネシオ学会会員費	8,005-
車両用 品	1,565-
	68,938-
残 高	9,710 - 68,938
	= 27,782-

4.1年度会計報告を以上のように会員の皆様に御知らせいたします。

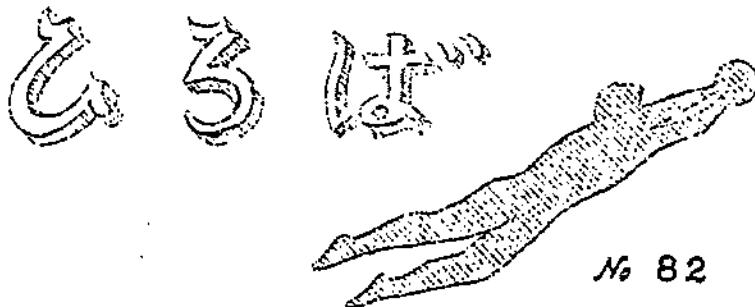
(3月キネロジ研究会開催のお詫び)  
次回研修会を3月25日(土)、午後2時より、東北大(福島)で行います。会場の予約の状況を照会しております。

#### 講 演

- テレメーターのキネへの応用(予定) 東大 石川先生
- 文部省紹介 東北大 渡川先生
- 今年度、学会シンポジウムテーマについて
- その他

#### キネシオロジー研究会へ報

ひろば・第31号  
昭和43年3月1日施行  
代表 宮崎虎彦  
副代表 渡川侃二  
会員 金原勇  
連絡先 東京都練馬区練馬1丁目4-6西池  
東京教育大学体育部スポーツ研究所  
キネオロジー研究会  
電話(456)7111(内)



## キネシオロジー研究会会報

### 「人体比重」の測定から感じたこと

蜂須賀弘久、水野 勇

近時、「年々肥満傾向の子供が増えてきた」とか「体格はよくなつたけれどもそれに見合つた体力がない」ということが多くの人々によつて指摘されているが、眞に発育遅延を論じる場合には、脂肪有り分を除いた実質的な体重(fat-free body mass)の伸びを問題にしなければならない。そんな訳でここ2~3年来、人体比重を簡単に計測できる軽便且つfield workに適する測定装置の開発につとめてきた。思うに従来から諸外国でおこなわれている方法は、どちらかといふと大規模でfield workには適さず、また肺残気量についても充分な検討がなされていない。そこで空室約800ℓの組立て式ビニールプールをつくり、水中体重を測定すると同時に肺残気量をも測定して、それから人体比重、更にはfat contentやfat-free body massを算出しようとした。この原理については1942年にBehnkeが報告しており、最近では猪飼教授一門の報告があるが、現在までのところ発育過程にある青少年に関しては、まだ充分な結論を得るところまでにはいつていないので、今回は本装置の利用法を試行錯誤して検討し

ている途次において感じた2、3の事例について報告し、各位のご批判を仰ぎたいと思っている。

水中体重法による人体比重の測定で一番問題になるのは肺残気量の測定で、測定誤差の大部分がこれに起因している。一般に肺残気量は肺活量の1/3程度(Hermann Rahn, 29%, 1948, 杉本 38%, 1939.)といわれているが、スポーツ選手のそれは一般人に比してかなり低く、肺活量の20~25%程度であつた。この値はわれわれが水中体重測定時の肺残気量即ち被検者を水中において測定することを考慮してもなお低く、おそらくこれはスポーツ選手では日頃のトレーニングの結果、最大呼気・最大吸気のレベルが深くなつて肺活量が増加すると同時に、最大呼気のレベルが深くなり肺残気量が少なくなつたのではないかと思われる。この観点にたつと肺残気量はスポーツ選手の競技度の指標として用いることができそうである。

また皮厚と人体比重との関係については、鈴木、長嶺両氏の報告もあるが、Pascale(1956)らのいう皮厚測定部位のうち7か所を

ひろば 第32回 1965.5.1

選び(表1)人体比重との相関を求めてみたところ、いずれも有意な逆相関があり、中でも“へそ”附近の部位ではがスポーツマン、非スポーツマンを問わず最も高い直を示していた。ただ一般的に上腕皮厚は測定し易いので、多くの場合これをもつて代表的に處理しているが、別に測定した152例について検討したところ、個人差はあるがスポーツマンの上腕皮厚は一般人と殆んど差がなく、“へそ”部皮厚は一般人にくらべてかなり薄いことを

\*fat-content%

## 人体比重と皮厚との相関

スポーツマン (男子, N=78)

部位	皮厚平均	相関係数
a) 頭頂上部	5.3	-0.52
b) 乳房	3.7	-0.66
c) 頭頂下部	7.6	-0.70
d) 前腕部	5.3	-0.75
e) 背部	6.2	-0.35
f) 上腕後部	5.6	-0.43
g) 背部	7.2	-0.70

知つた。(表2)この点から考えると、スポーツ選手の皮厚測定には“へそ”部皮厚も是非入れるべきであろう。

運動が記録に及ぼす影響をみるために、大学在学中スポーツ選手であつたものが卒業して運動を休止した場合、また逆に運動を通してにおいてやつていなかつたものが、運動クラ

項目	運動選手・非選手		年齢	
	M	S.D.	M	S.D.
身長	170.7	3.1	153.7	5.3
体重	60.5	3.18	50.5	5.3
比	3.54	1.7	3.57	2.6
ローラル指数	12.16	9.7	12.44	10.6
皮厚	1.02	0.03	1.07	0.11
f.c.	5.6	1.7	11.9	4.1
F.F.B.M	5.62	4.13	5.32	4.95
皮厚 乳房	3.9	0.9	6.5	3.4
皮厚 四肢	5.2	1.1	7.8	5.7
皮厚 へそ	6.1	1.8	11.6	6.0
皮厚 上腕	5.4	2.1	7.5	2.3

ジに入つて烈しい活動をした場合について、一年間にわたり連続したところ、前者の場合には体重は殆んど変化しないにも拘らず、fat-free body massは減少し、逆に fat content や皮厚は運動をやつていた時分にくらべて 30~50%増加していた。後者の場合にも体重の変化は殆どなく、fat content や皮厚は逆に 15~25%減少していた。

また別に平常身体活動を活発にやつている群とやつていない群とを比較してみると(表2)身長、体重及びこれを標準化した比体重、ローラル指数は差がないにも拘らず、人体比重は運動群の方が標準に近く、fat-free body mass も有意に高かつた。逆に fat content は非運動群の方が高く、烈しい毎日の運動が脂肪の消費を防ぎ、等エネルギーを消耗させるのに役立つてゐることを物語つてゐるようであつた。

(東京教育大学)

## 一 処理方法

吉本 修

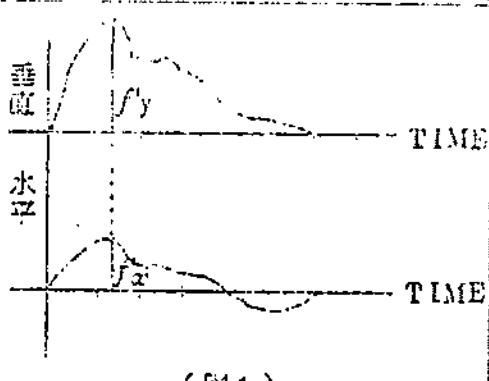
トすることにより生じた、ボーラー曲線により、力と方向の関係を特定の式におきかえ個人の跳躍の型について定量化する事も可能なのではないかと思いたち、この実験を行つてみた。

## 〔方 法〕

従来のストレンゲーデを利用した力量計とストレンアンプ及び、記録用のペンオフシロをそのまま使用する。その結果、記録用紙にあらわれて來るのは、図1のように垂直、水

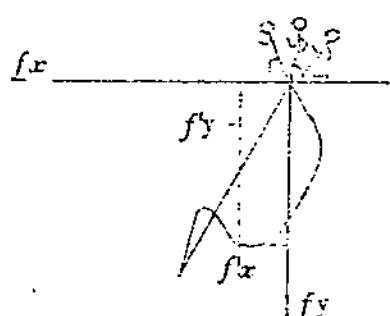
## 走り跳に 関 す

陸上競技の技術に関する研究は、従来まで幾多のものがある。特に近年、金原、三浦らはストレンゲーデを利用した力量計を用いて走り跳の技術究明をしている。(東京大スポーツ研究所報1966年4月)そこで私は、金原らの研究をもとにして、従来まで力量計に、垂直 水平の2分力としてあらわされていたものを合力としてあらわし、踏み切り時間中における力量計にかかる力の方向と、大きさを時間経過に伴つてとりだし、それをグラフにプロッ



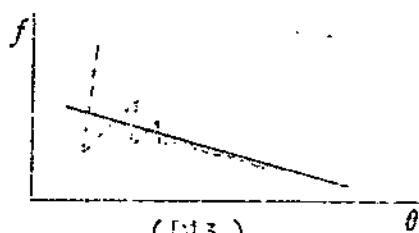
平均力が別々になつたものである。

そこで、踏み切り動作中における、ある一点時点の垂直、水平の力を  $f'y$ 、 $f'x$  とし、  $f'y^2 + f'x^2 = f'^2$  より  $f'$  を求め、又  $f'y/f'x$  から、 $\theta$  (その時点の力の方向) を求め、それらを時間順序毎に 10~15 点とり座標にプロットすると、図 2 のようになる。ここで得られた曲線が、ポーラー曲線である。まだ推



定ではあるが、このポーラー曲線の形は走巾跳なら走巾跳、走馬跳なら走馬跳の一途の型があり、この曲線の違いにより、技術的に上手、下手が、わかると思うのである。

そこで、 $f$  と  $\theta$  の関係をグラフにプロットすると、図 3 のようになる。(点線)それを  $f = a - b\theta$  という仮定式を与えて  $f$  及び、 $\theta$  を最少自乗法で処理すると  $a$  及び  $b$  を求めることができ、その結果を図 3 にプロットしたのがそのグラフの実績である。



私は、図 2 で求めた、ポーラー曲線と、 $f = a - b\theta$  という式により求めた  $a$  及び  $b$  を究明する事により、走巾跳のみならず、各種の運動動作の技術解説の一方法として役立つと思うのである。すなわち、今後色々の実験手段の違つた事を行うことにより、それらのカープ及び、式の充実ができるのではないかと思うのである。実際、現在、私達の所で少しづつ、実験が進められているので、機会があれば又、発表したいと思う。

(東教大スポーツ)

## 本年度体育学会 シンポジウムテーマについて

大変おそくなりましたが去る 3 月 24 日、4 月 30 日のキネオロジー研究会例会において、本年度、体育学会シンポジウムテーマを考会の皆様方に色々と討議していただきました原案が、大体まとまりましたので、キネ研会員の皆様方に御報告いたします。

近年、体育の測定に関して、力学的な領域

が、ずい分多く取り入れられて来ているにもかかわらず、その測定データが、必ずしも、正確に力学的量をあらわしていると言いかがたい面も少なくないと思います。

そこで本年度は、数多い測定の中で「力の測定における問題点」というテーマでシンポジウムを持つという事に決りました。本来な

ひろば No.32 1698.5.1

らば、体育における測定について全般的に行ってみたらという案もありましたが、何分にも限られた時間内で討論せねばならないという、制約もありますので、狭い範囲で、中身の充実したものにするという事になりました。そこで、力の測定技術、測定器具、その許容範囲、取られたデータの信頼度等につきましてシンポジウムを持ちたいと思います。

会員の皆様方の中でもこの問題に対して、シンポジウムのスピーカーとして話したいという、希望の方がございましたら、5月25日に教育大学、体育学部にてキネ研例会を開き、スピーカーを決定致したいと思いますので、当日、御参加下さるか、郵送で、その旨、キネ研事務局まで、お知らせ下さい。

### キネ研例会御案内

来る5月25日(土)、キネ研、5月例会を下記の様に開催致しますので、お集り下さい。

日 時 5月25日(土) P.M.5.30~

場 所 東京教育大学体育学部(京王線幡ヶ谷)

#### 議 領

1. 運動時の筋肉収容量について 東大進藤宗洋氏
2. 力学の話 京教大波川侃二氏
3. 本年度体育学会シンポジウム・テーマ決定に関すること、
4. その他の

#### (総括後記)

今回も又、原稿が集まらず、大分苦労致しました。会員の皆様のものであるこの“ひろば”を育て、継続させていくために、皆様方の原稿、読後感、何でも結構です。キネ研事務局に、お送り下さい。係では首を長くして待つております。でもいい季節になりましたね。木の緑、明るい太陽、何か新しいいぶきを感じさせてくれます。皆様方の色々の御発展を祈っております。

### キネシオロジー研究会会報

ひろば 第32号

昭和43年5月1日発行

代表 宮 畑 虎 彦

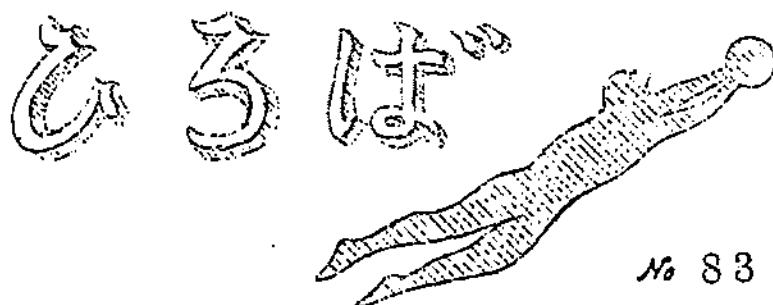
編集 波川侃二

金 原 勇

連絡先 東京都渋谷区西原1丁目40番地  
東京教育大学体育学部スポーツ研究所

キネシオロジー研究会

電話 (466)7111代 内71



## キネシオロジー研究会会報

## 中距離走を中心とした

## 「ランニングの酸素負債発現に関する研究」

東大教育学部体育学研究室 小林 寛道

## 目的

酸素負債とランニングの疾走能力の関連について、これまでいくつかの研究がなされてきた。この場合の酸素負債は、最大酸素負債の大小についてのみ考慮されてきた。

本研究では、単に最大酸素負債という事を云々するのではなく、「ランニング中に、酸素負債はどのような割合で発現していくか」という酸素負債発現経過を探求し、「その発現経過が、スピード、及びランニング持続時間にどのような関連をもつているのか」という点を探求する事を目的とした。

## 方法

被検者に一定距離のランニングを行わせ、ゴールイン直後にマスクを口に装備させた後、40分間の仰臥姿勢での安静状態を保たせ、ダクラスパック法を用いて採集した呼気を分析式ガス分析器によつて分析を行い運動後40分間の酸素供取量を求めて、その値から安静時の酸素供取量を減ずる事によつて、酸素負債を測定した。

○最大酸素負債を知る為に、300mの全力疾

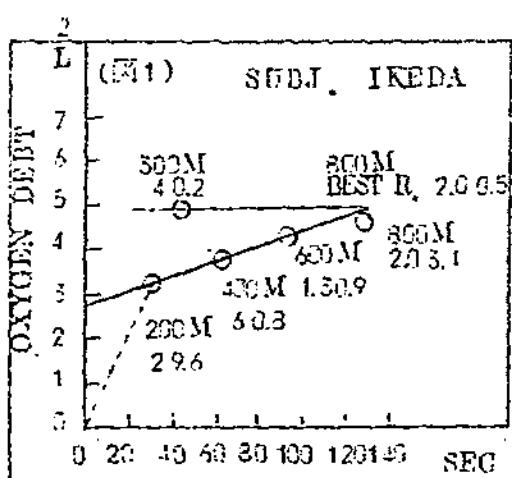
走を行わせた。

○酸素負債発現経過を知る為には、次の方法を用いた。

距離は900mとし、800mを一定スペースで走った場合の酸素負債発現経過を測定する事とした。まず300mを200m単位とした四つの距離のランニングに分割した。すなわち200m走、400m走、600m走、800m走の四つのランニングに分割し、それを、ある一定の同じスピードで走り、その時の酸素負債を測定する。次に、四つカランニングを一つの800m走として再び組み立てて各々を200m地点、400m地点、600m地点、ゴール地点での酸素負債であると考え、連続した800m走における各地点での酸素負債発現量とする訳である。

被検者は、T大陸上運動部員11名、そのうち、2名が専門の800mランナーで、残りは短距離ランナーである。

この実験は、1967年6月14日から1967年11月30日にかけて、東大駒場グラウンド及び、東大教育学部体育科実験室で行つたもの



である。

#### 結果及び考察

##### 100m走における酸素負債発現経過

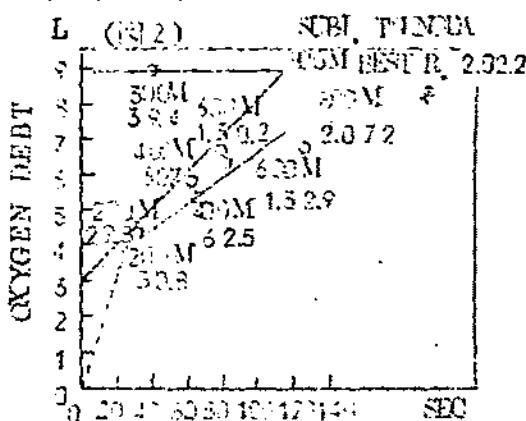
<図1>は、800mランナーのIKEDA選手についての測定結果を示したものである。横軸には、スピードに關係をもつていないランニング持続時間、縦軸には、発現した酸素負債があらわされている。白丸は実測値があらわされてある。まず200mは29.6で後退負債は3.55L発現し、400mは5.03で3.55L、500mは1.50で4.02L発現した。600mではややスピードが落ちて、2.03と4.765Lの酸素負債が発現した。

この各々の点をプロットしてゆくと、次の事柄に気がつく。

- ① スタートから200mまで、酸素負債が急激に発現する(<図1>では破線で示されている)。
- ② 200mから800mまでの酸素負債の発現の様子には、ほぼ直線関係が見られる。
- ③ 300mの全力疾走によって得られた酸素負債(最大酸素負債)を、ランニング持続時間との関連においてこの図上にプロットし、その点を横軸に平行移動させて、200~600mの測定で得られた点を通る直線と交叉させると、横軸が120秒の点で交わった。これは、IKEDA選手の800mのペスト記録2'00.5に非常に近い値である。この事から、800mにおけるペスト記録は、最大酸素負債を発揮した時のものではない

だらうかと推察される。

- ④ この実験において、800mは2'03.4でややスピードが速かつたが、酸素負債の実測値が斜めの直線の下の部分に位置する事実、及び、500mを4.02で走つた時



に、酸素負債の最大値が得られている事から、酸素負債のあらわれ方には、スピードと走行時間とに、密接な関係があるものと思われる。

- ⑤ 270~275m處で測定した酸素負債を結んだ斜めの直線を原点方向に延長して横軸との交点を求めると、1.5Lの値となつた。

<図2>はTSUNODA選手についての測定結果を、IKEDA選手の場合と同様にして示したものである。

TSUNODA選手の場合には、ベースランニングがうまくゆかず、200m、400m、600mでベースランニングを行つたが、600m走でも体調不良の為に自己最速記録2'32.2に近い記録をだす事ができず、2'07.2にとどまつた。

- ① スタートから200mまでに、約4.5Lと急激な酸素負債があらわれている。
- ② 同じ距離を2度走つた場合、タイムが速かつた時には、タイムが速かつた時と比較して必ず酸素負債の発現量が少ない。
- ③ ほぼ同じスピードで走つた時に発現した酸素負債をプロットしたものを結んでみると直線関係が成り立つ。
- ④ 300mの全力疾走で得た最大酸素負債を

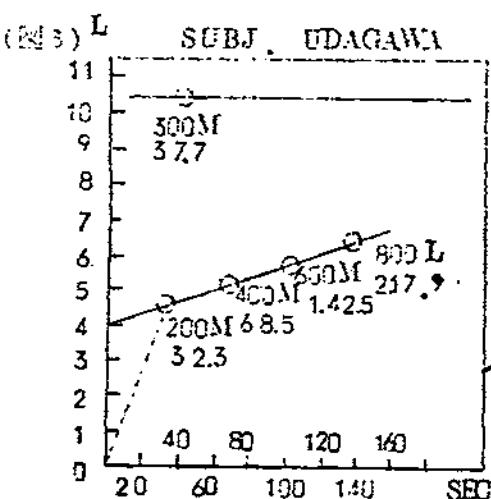
この図上にプロットし、横軸に平行移動させ、200mを30°、600mを91°で走つた時に発現した酸素負債の値を結んだ直線との交点をもとめると、横軸が2'02"の点であつた。この値は、TSUNODA 選手の300mのベスト記録 2'02"2 にほぼ等しい。

逆に、2'02"2 で走る時のベースは、ほぼ200mを30°5、400mを51°、600mを91°5であるから、TSUNODA 選手がベスト記録を出した時は、自己の最大酸素負債を発現した時であると推察される。この事実は、IKEDA選手の場合と全く一致する。

⑤ この実験においては、800mを2'07"2 でしか走れなかつたので、酸素負債は、ベスト記録を出した時に発現したと思われる最大酸素負債の値より、約1.7%少くなつてゐる。

⑥ この実験において、TSUNODA 選手は全力の努力で800m走つたにもかかわらず、距離も近く、酸素負債の発現よりも少なかつたことから、コンディションが良好な時のみ、800m走で最大酸素負債を発現することができ、そり得にベスト記録が出せることがわかる。

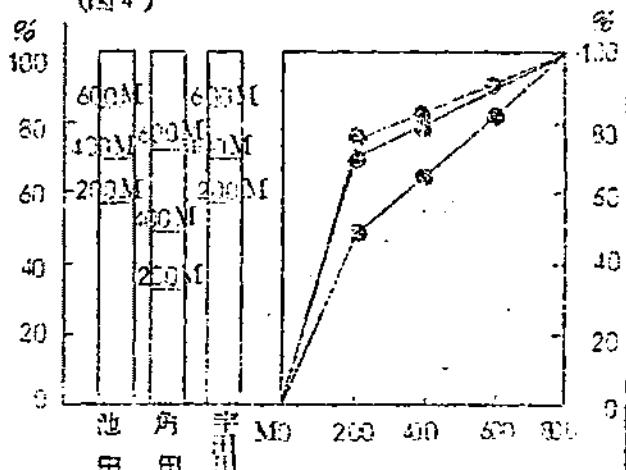
⑦ 斜めの直線を原点方向に延長して横軸との交点をもとめると、3.0%であつた。



また、別にスピードが異つたランニングにおいて発現した酸素負債を結んだ直線を原点方向に延長すると、結果では、やはり3.0%附近で交叉した。

この事実は、スピードが異なるランニングにおいて、発現した酸素負債を同じスピードで正確が異なる場合を拾つてお互いにプロットしてゆけば、異つた傾斜の直線ができるが、その直線は、継続で、ほぼ同じ値から出発している事を暗示している。

(図4)



<図4>はUDAGAWA 選手についての測定結果である。

UDAGAWA 選手は短距離ランナーである、この場合も、酸素負債の発現の様子は、前二者と同じであるが、800m走を全力で行つたにもかかわらず、自己の最大酸素負債を発現していない事に特徴がある。つまり、800m走では、充分に自分のもつ酸素負債を最大限に利用する事ができない事を示している。

以上三選手の場合の800m走における酸素負債発現経過を図示すると<図4>のようになる。800m走を行つた際に発現する酸素負債を100%とし、各地点での酸素負債発現量をパーセンテージで示してある。

この図から明らかのように、同じスピードで800mを走つた場合、スタート後の200mすなわち、全体距離の $\frac{1}{4}$ のところで、48.6%～72.6%の酸素負債が発現している事がわか

る。（<図4>において、スタートから 200mまで走り塀で結んであるが、この測定は、まだ明らかではない。）

200m以後 800m までは、直線的な測定で酸素負債が発現していく。

何故スタート後、全速距離の  $\frac{1}{4}$  の地点で、もうすでに 900mで発現され得る酸素負債の約 60%～70% が発現していくのであろうか。

酸素負債が、身体に生じた酸素不足の状態をあらわすものとすれば、スタート直後に急激な酸素不足の状態が身体に生じ、それ以後は、同じスピードのランニングであれば、ランニング持続時間に比例して、酸素不足の状態が生ずる事を内緒つているものと思われる。

ところで、食事負債には、乳酸性酸素負債と、非乳酸性酸素負債の二種類のものがある事が今世紀の初期から知られている。

Margaria (1.2, 3.4) は、一定スピードのトレッドミル走を行わせた場合、血液乳酸濃度がランニング持続時間に比例して上昇するという結果を見いたした。又、負荷（頭脳）を変える事によって、血液乳酸濃度が負荷の場合は急速に上昇し、軽負荷の場合は、ゆるやかに上昇する事を確かめた。

また、この血液乳酸濃度は、乳酸性酸素負債に見合うものである事を報じている。

ところで、非乳酸性の酸素負債は、全速走負債の約  $\frac{1}{3}$  にあたる様で、ランニングのように激しい全身運動の場合には、5～6秒間で主張が発現すると報じている。この非乳酸性の酸素負債は、運動の初期に全速が発現してしまう。

以上、Margaria の一連の実験と、本実験の結果を統合すると、次の事実を知る事ができる。

800m走における酸素負債発現経過において、スタート後 200mまで大きな酸素負債が発現したのは、非乳酸性酸素負債が大きな割合で、運動の初期に短時間のうちに発現したのである。そして、その後のゆるやかな該

素負債の発現経過は、乳酸性酸素負債の発現経過を示している事が確認した。

非乳酸性酸素負債の点は<図1, 2, 3>において、斜めの直線を延長して、縦軸と交叉したところの交点の値であろうと思われる。この点については、個人のスピードで選ばれた場合に、乳酸性酸素負債の発現経過を示す直線を縦軸に交叉させた組が、いつも一定である事がから確かめた。なお、本実験において、上述のようにして求めた非乳酸性酸素負債は、300m前後であり、最大速度負債の約  $\frac{1}{3}$  に相当する例がほとんどであった。

### 「酸素負債から、疾走能力を算出する計算式について」

本実験において得られた結果をまとめ、酸素負債から、疾走能力を算出する計算式を引きだしてみようと思う。

I 次の二つの事実が、各個人について、あらゆるランニングスピードに対して成り立つものと仮定する。

① 非乳酸性酸素負債は、ある一定は、ランニングスピード、及びランニング持続時間とは独立に発現する。

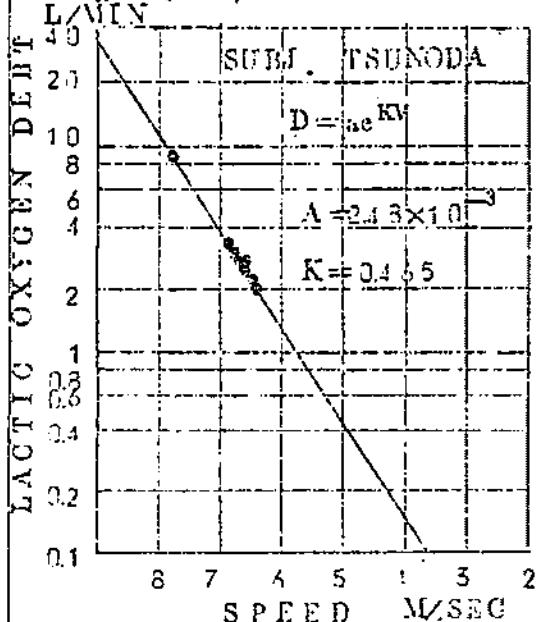
② 一定スピードでのランニングでは、乳酸性酸素負債は、ランニング持続時間に比例して発現する。

II ランニングスピードとランニング持続時間に関連するものは、乳酸性酸素負債であるから、全速走負債から非乳酸性酸素負債を差し引いた乳酸性酸素負債についてのみ、ランニングスピード及び、ランニング持続時間との関係をもとめれば良い。

III ランニング持続時間は一分間と規定し、一分間にについての乳酸性酸素負債とスピードとの関係をもとめれば良い。

以上の段階的な思考に基いて、スピードと乳酸性酸素負債発現状態について、各方向から検討を加えた結果、次の事項を見い出すに至った。

「ランニングスピードを横軸、乳酸性酸素負債を縦軸に対数になると、片対数グラフの上でスピードと、そのスピードを一分間持続した時に発現する乳酸性酸素負債は直線関係となる」(図5)



片対数グラフの上で直線となるランニングスピードと乳酸性酸素負債の関係を数学的に表現すれば次のようになる。

$$D = a + kv$$

D ; 一定スピード (平均スピード) v のランニングを行つた場合に発現する 1 分間あたりの乳酸性酸素負債

a ; v = 0 のときの D の値

k ; 個人によつて決まる定数

v ; スピード m/sec

被検者個人個人に關して、a と k の數値をもとめたものを<表1>にまとめた。

これをグラフで示したもののが<図5>である。一本の斜線は一人の被検者を示している。(計10本)

このグラフの斜線の勾配の相違は、10人が同じスピード、たとえば 8 m/sec で走つても、個人によつて、乳酸性酸素負債の発現量が大きく違うのだという事を示している。

この乳酸性酸素負債とランニングスピード

&lt;表1&gt;

被検者	a	k	Max O <sub>2</sub> debt (l)	alactic O <sub>2</sub> debt (l)
TSUNODA	2.48 × 10 <sup>-3</sup>	0.165	8.941	3.0
IKEDA	4.81 × 10 <sup>-4</sup>	0.503	4.810	2.8
UDAGAWA	1.12 × 10 <sup>-3</sup>	0.509	1.0423	4.6
KOBAYASHI	1.66 × 10 <sup>-3</sup>	0.483	8.377	4.2
OKAJIMA	1.93 × 10 <sup>-4</sup>	0.635	9.313	3.3
TAIE	3.04 × 10 <sup>-2</sup>	0.353	7.264	2.1
SAKITA	2.67 × 10 <sup>-3</sup>	0.409	5.826	3.8
SUGIE	2.54 × 10 <sup>-5</sup>	0.719	1.2871	5.25
OIKAWA	6.05 × 10 <sup>-5</sup>	0.699	9.597	3.7
ITO	1.99 × 10 <sup>-2</sup>	0.518	7.075	3.0

との関係から、各被検者が、秒速 v で t 秒間走つた時に発現する酸素負債を計算することができる。又、そのスピードを最高何秒間持続できるかが算出可能である。

その計算式は次の通りである。

$$D = \frac{L}{60} \cdot t + A \quad (I)$$

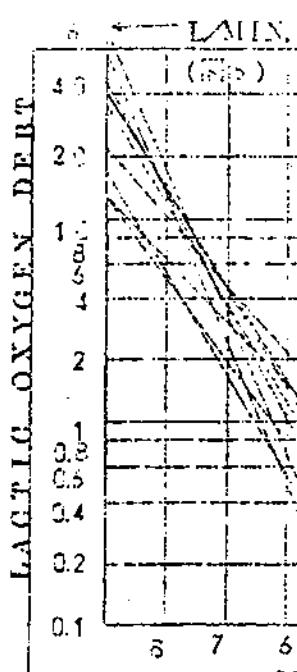
L ; 秒速 v の時の 1 分間あたりの乳酸性酸素負債の発現量(l)

t ; ランニング持続時間

A ; (alactic O<sub>2</sub> debt) 非乳酸性酸素負債(l)

D ; (Total O<sub>2</sub> debt) 発現する全酸素負債(l)

この計算式により、一定スピード (平均スピード) v で t 秒間ランニングを行つた時に発現する酸素負債を知る事ができる。



次に、スピード  $v$  を最速勾当負債まで持続させることができるかという場合には

$$D = \text{Max. } O_2 \text{ debt} \quad (\text{最大吸収負債})$$

を使用する

すなわち、(I)式を整理して

$$t = \frac{(\text{Max. } O_2 \text{ debt} - A)}{L} \times s \quad (\text{II})$$

となる。またこの  $t$  の値を(IV)式に代入し、

$$t \times v = s \quad \text{通}$$

則式によつて、スピード  $v$  で走り切るまで走れる事が出来るかという距離  $s$  ももとめう事ができる。

例えば、TSUNODA 選手の場合、

- $v = 8 \text{ m/sec}$  の場合
- グラフ、又は(II)式  $D = a + kv$  により  
 $L$  をもとめると、 $L = 1.51 \text{ f}$
- 非乳酸性吸収負債  $A = 3.0 \text{ f}$
- 最大吸収負債  $\text{Max. } O_2 \text{ debt} = 8.941 \text{ f}$

(IV)式にこれらの値を代入すると

$$t = \frac{6.1(8.941 - 3.0)}{1.51} = 27.1$$

すなわち、 $8 \text{ m/sec}$  のスピードを  $27.1$  だけ持続する事ができる。

$t = 27.1$  を(IV)に代入して、

$$s = 27.1 \times 8 = 216.8$$

このスピードでは  $216.8 \text{ m}$  走れる事ができる

ひろば 五三 1768. 6. 15

ことになる。

ところで TSUNODA 選手の  $200\text{m}$  のペストタイムは  $25.6$  である。この時のスピードは  $5.5 \text{ m/sec}$  である。 $200\text{m}$ での実際の計算では、非常に近似的な値がでている。

次に  $150\text{m}$  の場合、

$150\text{m}$  のペスト記録は  $1'26.5$  である。これは  $5.5 \text{ m/sec}$  のスピードである。

$$v = 5.5 \text{ m/sec}$$

$$L = 1.51 \text{ f}$$

$$A = 3.0 \text{ f}$$

$$\text{Max. } O_2 \text{ debt} = 8.941 \text{ f}$$

(IV)式に代入して  $t = 50.9 \text{ (sec)}$

(IV)式に代入して  $s = 170.3 \text{ (m)}$

つまり、TSUNODA 選手はそのスピードでは、 $170.3 \text{ m}$ まで走れるという計算となる。この点は、実際の競技成績を考えあわせて妥当性をもつている。

$500\text{m}$  の場合、

ペスト記録は  $17'29.6$

$$v = 4.8 \text{ m/sec}$$

$$L = 2.51 \text{ f}$$

$$A = 5.0 \text{ f}$$

$$\text{Max. } O_2 \text{ debt} = 8.941 \text{ (f)}$$

(IV)式に代入して  $t = 112.0 \text{ (sec)}$

(IV)式に代入して  $s = 15.9 \text{ (m)}$

$500\text{m}$  の場合にも妥当性をもつている。

- \* この計算通りあてはまる範囲について、
  - (I)式は、短距離選手と中距離選手について良くあてはまる。
  - (II)式は、競歩選手だけから、理論的ペスト記録を推定するものであるが、競歩選手の低い競歩選手については、ペスト記録をみると、長距離種目では、あてはまらない。しかし、競歩選手のトレーニングを積んでいる中距離選手には良くあてはまっている。

一般的にいつて、計算値と、実際のタイムが良く一致するところは、被検者が、それぞれ自分の専門とする距離の附近であつた。

## 文 献

1. R.Margaria & H.T.Edwards  
The Sources of Energy in Muscular Work  
Performed in Anaerobic Conditions.  
*Am.J.of Physiol.*, vol. 103, 541, 1934
2. R.Margaria, H.T.Edwards & D.B.Jones  
The Possible Mechanisms of Contracting  
and Paying the Oxygen Debt and The Role  
of Lactic Acid in Muscular Contraction.  
*Am.J.of Physiol.*, vol. 105, 639-715, 1933
3. R.Margaria, D.Cerretelli, P.E.SiPrampero  
Kinetics and Mechanism of Oxygen  
Debt Contraction in Man.  
*J.Appl.Physiol.* 16(2), 371-377, 1965
4. R.Margaria  
Anaerobic Metabolism in Muscle  
•Proceedings of The International Sym-  
posium on Physical Activity and Cardi-  
o-muscular Health.  
Held in front, Ontario, October 11-13,  
1966, P.770-P.774.  
•Canad. Med. J. Mar. 25, vol. 95, 1967

## &lt;文献紹介&gt;

人間活動における重心と作用する  
力の中心および支持面の力について

M.P.Murray, A.Seireg &amp; R.C.Scholz.

*Journal Applied Physiology Vol. 23*

No. 6 P.831~838 Dec. 1967

支持面での力の大きさと方向は、正常な男子の次ののような活動を通して力の測定台によつて測定した。(1)自分の好む速さでしゃがむ、(2)早くしゃがむ、(3)自分の好む速さでしゃがんだ姿勢から立ちあがる、(4)早く立ちあがる、(5)5.5cmの椅子に腰かけるり)1.8.5cmの椅子に腰かける、(6)うちの椅子から立つ、(7)2.5cmの椅子から立つ、(8)床へとぶ。

測定台は三つの台から成つており、下の二つの台は三角形で、一方の角はストレンジャーによつて支えられ、支持面における圧力の中心からのずれが測定できる。一番上の台は長方形で、4つのストレンジャーによつて支えられ、下へ加わる力を測定できる。

力の測定と同時に、被検者の真横から映画撮影をおこない、各運動での横方向からみたときの身体重心を、Dempster の方法によつて調べた。また、この写真をもとに、支持面にかかる力を次の式によつて求め、実測した力と計算した力の比較を試みた。

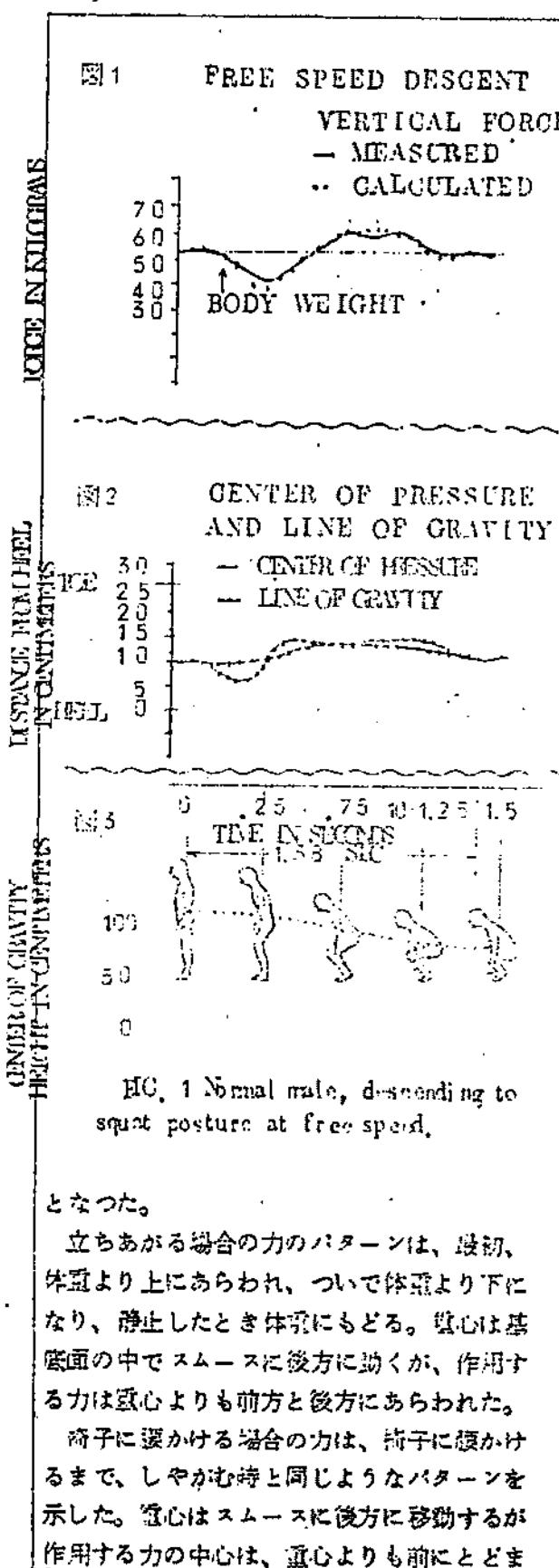
$$F_y = w + m_1 a_1 + m_2 a_2 + \dots + m_7 a_7$$

(短し、 $F_y$ は垂直面での力、 $w$ は体重、 $m$ は身体各部の質量、 $a$ は各部の質量の重心の垂直方向への加速度)

立位姿勢からしゃがむ動作では、(Fig 1 に示す)力は(Fig 1 ①)被検者が下方に加速するときに体重より下にさかり、減速するときに体重より上に示され、動作が終ったとき体重だけになる。実測した力と計算した力を比較すると、力のパターンは同じ傾向であるが、力の大きさは谷とピークのところで違いが生じた。Fig 1 ②では、重心は基底面の中でスムーズに前方に動くが、作用する力の中心は、最初は重心の後方に動き、その後は重心よりも前にくる。

自分の好む速さと早くしゃがむ場合を比較すると、力のパターンは同じ傾向を示すが、力の動能の大きさは、自分の好む速さでは、16 Kg、動作時間 1.38 秒であり、早くしゃがむことによつて約 2 倍の力(30Kg 1.05秒)

ひろば 第33号 1968.6.15



つた。

椅子から立ちあがる動作では、力は最初急速に増加して体重より大きくなり、そのあと体重より低くなる。重心は立ちあがるにつれて前方へスムーズに移動するが、作用する力の中心は、初めは重心の前にあり、立ちあがるにつれて重心よりも後ろにきて、静止するときに重心と重なる。

とぶ場合には、力は予備動作で体重より軽くなり、踏切中では体重の約2倍の力が加えられている。踏切中に横からみた場合は重心は、約50%ほど前方へ動き、およそ20cmは支持面からはずれている。一方、作用する力の中心は、踏切中は支持面にとどまっている。

これらの資料から、測定した力と計算した力のパターンは同じ傾向であったが、力の大きさは谷とピークで異つた。これは加速や減速の著しい時であり、そのため測定誤差、および身体各部の重心位置が平均的測定値にもとづくための誤差などによつて生じるとみられる。

各々の運動で、力はいずれも上、下に動搖した。その動搖の大きさは、動きの速さによつてより大きくなつた。われわれは筋の出力を直接測定することができないので、このような力の測定装置によつて、運動現象をとらえることが必要であろう。

また、これまで、Staticな場合の重心と作用線については、数多く研究がされているが、われわれはdynamicな動作について調べた。その結果、同一馬鹿頭での重心と作用する力の中心は、必ずしも常に一致しているとは限らない。これら二つの相互作用は、人間の姿勢と動作のコントロールについて、基礎的な位置の制御機制 (mechanism) に示唆を与えるであろう。

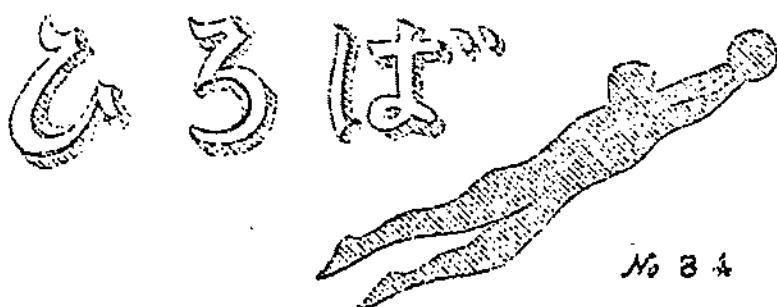
(名古屋大学 三浦 喜慶)

## キネシオロジー研究会会報

ひろば 第33号  
昭和43年6月15日発行

代表 宮川虎彦  
編集 波原二勇

連絡先 東京都渋谷区西原1丁目40番地  
東京教育大学体育学部スポーツ研究所  
キネシオロジー研究会  
電話 (465) 7111(代内)71



## キネシオロジー研究会会報

## メキシコ高所のキネシオロジー

東京大学 猪 飼 道 夫

この原稿がひろばにのることは、メキシコのオリンピックの準備もようやく本格的になつてきていることであろう。1965年の夏、A.V.Hill先生が東京をたずねられたとき、高所でのスポーツの話が出て、先生は「メキシコでのオリンピック競技では、われわれの知らなかつた、色々の面白いことが出てくるだらう」と言つた。そして、メキシコ市の高度(2,260m)では空気抵抗が減少するので、走る速度は多く増し、競走距離は多く増すという計算を述べられた。こうなると短距離と競走は平地より記録がよくなつてしかるべきである。短距離はとにかく、走り、投げて走る記録がのびるはずだということで、E.R.Dickinson, M.J.PiddingtonおよびT.Brainという三人が計算をしている。そして、砲丸で5.8cm、ハンマーで5.3cm、槍で6.9cm、円盤で1.62cmのびるのだといふ。ほんとにそうなるかどうかはわからない。それはこれ以外の要素が加わつてくるからである。

その後、ミラノ大学のR.Margariaが1966年にSymposiumを開き、そのときの論文を集めて“Exercise at altitude”(1967, Excerpta medica Foundation,

\$30)という名で刊行した。それを見ているうちに、B.B.Lloydという人の論文が目に付いた。“Theoretical effects of altitude on the equation of motion of a runner”というものである。ランナーの運動経過を方程式にあてはめて論議するもので、A.V.Hillの流れをくむものである。それは、あらすじをたどると次のようである。

内因性エネルギー+外因性エネルギー  
(intrinsic energy) (extrinsic energy)  
= 加速度のためのエネルギー

+ 空気抵抗にうちかつたためのエネルギー  
+ 水平運動のためのエネルギー

ここで、内因性エネルギーは、無酸素性、外因性エネルギーは有酸素性のものを指す。そして次の式をたてた。

$$S_0(1-e^{-gt}) + Rt = amv^2 + C \int_0^t v^3 dt + At + By$$

ここで、 $S_0$  は内因性エネルギーの蓄積量であり、 $R$  は外因性エネルギーのパワーであり(毎分酸素摂取量もパワーである)、 $Rt$  は  $t$  時間に発生するエネルギーである。すなわち、左辺は無酸素的、有酸素的に発生するエネルギー総量である。右辺の  $mv^2$  は運動のエネ

ルギーであり、 $1/\alpha$  は 2.0 であり、E は効率因子、J はカロリーに換算する定数である。 $\alpha \int v^3 dt$  は空気抵抗である。v は速度、ρ は空気密度、身体の断面積、機械的効率をあくんだ定数である。A は正味代謝、B は体重に比例する定数であり、72 kg の人では 64.6 cal/m であるという。そして外部に機械的仕事をしているのではないが、 $A + Bv = P$  というものは、身体を水平に進ぶのに必要なパワー消費であるという。そして  $A + B \int_0^t v dt$  は  $A + Bv$  となり、v は亞速になら。これが水平距離を移動するために必要なエネルギーである。ここで注目すべきは、正味代謝以外に必要なエネルギーは速度に関係なく、距離に比例するということだと述べている。そして左右の項が等しくなる。

これを B で割つて整理すると次のようになる。

$$y = \frac{S_o (1 - e^{-Bt}) / B + (R-A) t / B}{I - \alpha m v^2 / B - C \int_0^t v^3 dt / B}$$

III                  IV

この方程式はアナログ・コンピューターで、これまでの実験的データを入れて解くことができたという。ここで、高所(altitude)の影響が加わるのは第Ⅱ項と第Ⅳ項であり、これらはそれぞれ外因性エネルギー(I)および空気抵抗(C)である。これにたいして、第Ⅰ項と第Ⅲ項は高所に関係なく、これらはそれぞれ内因性エネルギー(I)および機械的エネルギー(IV)であるから。高所の影響のうけたには個人差があるので、第Ⅱ、第Ⅳ項にパラメータ  $-p, q$  をつける。そして次のような

$$y = \frac{S_o (1 - e^{-Bt}) / B + p (R-A) t / B}{I - \alpha m v^2 / B - q C \int_0^t v^3 dt / B}$$

III                  IV

メキシコ市では、 $p = 0.95, q = 0.75$  くらいになるという。そして、短距離では平地とあまりかわらぬ記録になるだろうという結論である。そして、やはり 100m から 400

m まではあまりかわらぬが、それ以上は影響が出てくるという。500m や 1000m では 7 ~ 8 分の記録の低下が予想される。しかしマリソンでは多少様子が異なる。それは、マイル走者(1600m)とちがつて最大酸素摂取量に近いところを使つているわけではないからである。最大酸素摂取量が高所で減少したにしても(たとえば 9 ~ 15 分)、平地でそれ以上の余裕をもつて走つているマリソン走者ならば、メキシコの高所でそれほど大きな影響はない。しかし、実際にはこれ以外の因子が作用する。心肺の疲労や、呼吸器の疲労などである。

これを見て「大山競歩してネズミ一匹」といつてわらう人があるかもしれない。そんな結果は、そんなめんどうな手続をしないでもはじめからわかつていると言つて。しかし、そういわないでいただきたい。科学は遙なものであり、きわめて「あたまのわるい」ものである。しかし、これを馬鹿にしているととんでもないことになる。この「あたまのわるい」科学は普通ではとても手のとどかぬようなことを平氣な顔をしてやつてのけることがあるからである。ここにキネシオロジーの一例を見るように思う。この論文の中に、石井、芝山君たちが中心となつて、東大や筑波のグランドで陸上選手のスピード、曲線を測定した結果が A, V, HILL 先生のものとなる。図の中に引用されていることをあわせて紹介したい。われわれの研究は「体育学研究7巻 59頁 1963」に発表したものである。図の中はせまいものだとつくづく思つて喜んでいる次第である。著者の B.B. Lloyd という人はイギリス Oxford 大学の生理学教室の人である。

## キネシオロジー・生理学部門の懇親会開催についてのお知らせ

来る9月21日から23日までの3日間、体育学会第19回大会が、湘南の貞梅大学で開催されます。そこで例年のごとく、生理学部門とキネシオロジー部門で合同の懇親会を学会第1日目終了後に開催したいと思いますので、多数の参加をお願いいたします。なお、時間、会場等につきましては、キネシオロジー専門分科会会場に当日掲示いたしますのでお見落しのない様に願います。

## ウェイトリフティングにおける生活の知恵

### 窓田 登

#### 記録は破られるためにある

1925年にフランスの生んだ偉大なプロのウエイトリフター、シャルル・リグレがクリーン・アンド・ジャーク（いつたん、胸まで一挙動でバーベルをひきあげたあとでクリーンー、脚・腰の反応をつけてそれを頭上（さしあげる種目）で402ポンド（約182 $\frac{1}{2}$ kg）を成功したとき、人々はこんな大記録は今後破れないだろうと考えた。だが、それが、1951年、アメリカの黒人選手ジョン・デービスがアマチュアでありながら重量級に成功して世界新記録を樹立して以来、次々と記録は更新され、17年を経た今日では、これが220 $\frac{1}{2}$ kg（アメリカのボップ・ペドナースキーが保持。1968年9月3日現在）にまで高められている。将来は、これがさらに230kg台に達することであろう。むろん、これらはすべてヘビー級の記録である。

これをみると、まさに、記録は破るためにあるという言葉がぴたりしていることに気付く。

それにつけても、ここまで至るまでの背景を考えてみると実に興味深い。わたくしは、いつもそこにウエイトリフティングにおける「生活の知恵」があつたことを感じるのであ

る。もちろん、その知恵が生み出されてきた過程は、多くの先人造の努力や工夫の積み重ねの歴史であるだけに、その真相はまずわからないことが多いだろう。しかし、多くの試行錯誤を重ねながら、徐々に現在の形ができるがつたであろうことは容易に想像がつくのである。

#### 合理的な体重制

たとえば、ウエイトリフティングで採用している体重制だが、近代オリンピック大会ではその第1回大会（1896年）から行なわれているにもかかわらず、体重制が設けられたのは第7回大会（1920年）からである。これは、多分、毎回の大会で体調の重い者が好成績を残したことからこんな制度が設けられたものであろう。「筋力は筋の横断面積に比例する」という生理学の教えに合致するものとして、これは高く評価されてよい。その後、オリンピック大会の回を重ねて、1948年にはパンタム級（56kgまで）が、そしてまた、1952年にはミドル・ヘビー級（90kgまで）が設けられ、現在ではこれがさらにヘビー級の上にスーパー・ヘビー級を設けたらよいのではないかという声すら上っているが、この体重制などは、まさに、リフティングの生活の知恵といえるのではないだろうか。

イギリスの古い諺にも「どでかい奴はちづけな奴よりもまさる」("A good big 'un is better than a good little 'un.")といつてゐるのは眞理である。

#### 筋力増強のためには低回数高セット制

筋力を増強するためには、最大努力の $\frac{2}{3}$ 以上を用いるとよい。これは、現在では生理学的に証明された事実だが、ウェイトリフターの間では古くから低回数高セット制がとられている。これは、大きな抵抗負荷をかけてくり返しは1～5回のように少ない回数で行ない、これを1セットとして5～10セット、あるいはこれ以上もくり返すという方式のことだが、いつの頃、誰によつて開発されたものか、いまの選手達はその個々の内にこそ違え、すべてこの原則に従つたトレーニングを進めているのである。これもまた、リフティングにおける生活の知恵といつてよかろう。

#### 握り方の開発

ところで、重いバーベルを手でもつて下からひつぱりあげるときには、かなり強い握力を必要とする。これについては、横浜國立大学の小野三郎教授のいう能動握力と受動握力の論義はさておくとしても、ともかく握力は強いに越したことではない。要するに、バーベルの重量が増していくにつれて握力の弱い者や手の小さな者にはそれがこたえてくるのである。こうした必要に応じて、これまで誰によつて考案されたのか知らないが、フック・グリップ(hook grip)という握り方が生まれたものと思われる。これは、普通の握り方がバーを握つたときに拇指で人差指、または人差指と中指の上をしつかりとおさえるのに対して、逆に、拇指の上をこれらの指でもつて力いつぱいおさえるのである。こうすると、バーをもつ指の摩擦力が高まるものとみえ、非常に重いバーベルをぶら下げることが可能になる。わたくしの場合、普通の握り方では片手でひざの高さまで100kgしか

もちあげられないが、フック・グリップを使うと150kgが可能になり、さらに、後述するストラップ(strap)を用いると200kgもちあげられるようになるといった大きな変化がみられる。しかし、初めは拇指の爪がちぎれるほどの痛みを感じるが、10日もすると減れてなんでもなくなつてしまうものだ。

ところで、このフック・グリップの誕生だが、つい最近までわたくしは歐米アメリカで考え出された方法かと思つていたが、アメリカのある本にドイツ人のヨコ選手ハーマン・ゴーナーがデッド・リフト(床からバーベルを両手で大殿部までもちあげて肩、腰を伸ばし、胸を張る運動)において225ポンド強(約100kg)をもちあげたときに両手を預手にしてフック・グリップを用いたと紹介してあつたので、随分、古くから使われている握り方であることを知つた。この記録が作られた正確な年月は1920年10月29日、ドイツのライプチヒにおいてであるから、少なくともヨーロッパではこの年代よりもっと古くから利用されていたことになるわけで、その工夫をした人には笑に頭が下る思いがするのである。

ところで、これは正確にいうと握り方というよりも、物理的に握りを強化するための補助具といつた方が適切かも知れないが、ストラップの誕生も生活の知恵によるものであろう。

ストラップとは英語で革ひもの意味だが、いまではウェイトリフターの間で布翼の革ひものこともそう呼んでいる。これを二つ折りにしてその中央を手首にひつけ、残りの部分をバーにしつかりと巻いてその上をおさえて握るのである。こうすると、手がバーにはりついてしまうので、さしてバーを強く握りしめなくても手から落ちる気づかいはない。従つて、握力の弱い人に、とかく起りがらなセカンド・アル(後述)のさいの両ひじの曲がりが避けられるという効果があがる他、

従来よりもずっと重いバーベルを利用してもひきあげる動作の練習が行なえるようになつたので、これが記録の向上に果す役は大きなものがあるといつてよからう。わたくしの記憶に詰まりがなければ、この発明者は1955年のストックホルムで行なわれた世界選手権大会でヘビー級に優勝したカナダのダグラス・ヘップバーンであつたと思う。

しかし、このストラップの使用は競技会では禁止されているのである。

仰の姿勢でわかる選手と素人

さて、では実際のリフティングのフォームやテクニックの面ではどうだらうか。

これについては、ズブの素人にバーベルをもちあげさせてみると選手との差は一目了然としているのである。すなわち、選手は、バーのま下に深く両足をおき、両足を腰よりも斜めに開いて、背を伸ばしたままひざと腰を曲げてバーを握って構え、胸をまつすぐ伸ばして、両肩をバーよりもいくぶん前方に位置させるものだ。（図1）

図 2

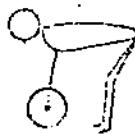


図 1



ところが、素人はそれこそ100歩といつてよいくらいバーから両足を遠く離して立ち、殆んどひざを曲げないで、背中を丸めたまま腰を肩の高さか、あるいはそれよりも高くした姿勢で構えるものである。（図2）もちろん、脚はバーの垂直面よりも後方にあることはいうまでもない。

このように、すでに構えたときからして素人ではこんなに非効率的な姿勢になるのだから、これ以後の車上動作に大差が現われるのは当然だといえよう。

ハイ・クリーンのときのS字型跡線の経路

たとえば、この姿勢からバーベルを肩の高さまでひつぱりあげるハイ・クリーンの動作をみてみよう。

選手なら次のように行なうであろう。

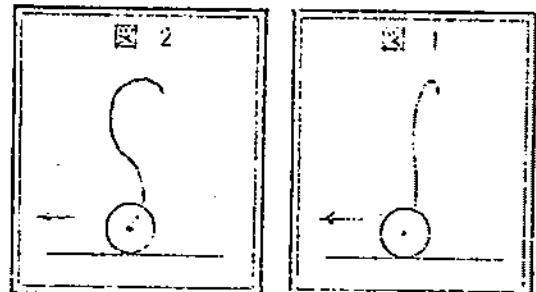
まず、ひざと腰を伸ばして、そのまままつすぐ上方へバーベルをもちあげていく。こうして、バーがひざの上約10～15cmのところに達したら、両足のかかとをもちあげて強く踏みこむと同時にひざを伸ばし、腰を前に急速に直し出して腰を入れるのである。この動作と殆んど同時にそれまで伸ばしていた両腕のひじを力強く曲げて（挾腋方に高く張るようにしながら）バーを頭までひきつける。これをセカンド・プール（Second Pull）という。しかし、床で立つて両ひざを伸ばす動作は極めて短時間の中に行なわれる所以、その瞬間のあとにはもう両足のかかとは床に着こうとしているわけで、すでに、このときにはバーが水月の高さのところを通過している。そして、このときにはいつたん伸ばされた両ひざがやや曲げられているのである。こうして、できるだけまづすぐひつぱりあげてきたバーが胸に触れる瞬間、腰を入れずこのバーを中心にして両手首を上方に返し、両ひじを高く前上に張る。バーベルを胸に受け止めたら、すでにわずかに曲りかかっている両ひざを積極的に適度な深さまで曲げて、バーベルを受け止めるときのショックを柔らげるるのである。

では、これを全くの素人が何のアドバイスも受けないでいきなり行なつたらどうなるか。

まず、そのバーベルをそのままひじを曲げて大腿部か脛蹊部までひつぱりあげたら、そこからさらに船の櫓を漕ぐように前上方に大きな半円を描いて胸にもつてくることが多い。しかも、バーベルを中心に両手首を上方に返す——バーが回転するので、手首には抵抗が殆どつからない——のではなくて、手首でバーを返す——手首で重いバーベルを上に返

そうすれば強い抵抗が手首にかかるてくることが多い、その上、バーをキヤツチしたときに腰を曲げないで、むしろ、腹を突き出すようにするのでそのショックがとくに腰を中心として全身に及ぶことがある。これでは腰痛を引き起すこともあるから迷惑しなくてはならない。

これからもわかるように、選手はセウンド・ブルを使い、素人ではこれを全く使えない。しかも、バーが移動していくときの正面からみたバーの軌跡が全く異なり、両者、一定S字型にはなつてはいるが、選手ではその幅が極めて小さい(図3)。



これはバーがからだに沿つてあがつていることを現わしている。素人では、このS字型の幅が極めて大きいのが特徴である(図4)。←印の方向に向つて試技をしているものとして二つの図をごらん願いたい。

このように、もちあげるのに容易な、いわゆる正しいフォームも選手の間にいろいろな欠点が淘汰されて完成されたものだが、これこそウェイトリフティングにおける生活の知恵でなくてなんであろうか。

#### スクワット型とスプリット型の発生

では、最後にクリーンとスナッチ(いつきにバーベルをひっぱりあげると同時にひじを伸ばし、頭上でそれを支持する種目)で用いるスクワット型とスプリット型の二つのスタイルについて考えてみよう。もちろん、競技ではどちらを使ってもよいのだが、最近ではスクワット型で用いる選手が内外共に圧倒的に多い。スクワット型はバーベルを胸上にクリーンしたときに両足を左右に開いて深くし

#### ひろば 第5号 1963. 7. 15

やがむのに拘し、スプリット型は両足を前後で大きく開いてクリーンをするのである。このようなスタイルが選出されたのはいずれも選手が姿勢を低くしてクリーンをしようと試みたからに他ならない。いまさらいうまでもなく、バーベルの自方が重くなるにつれてもちあがる度さは低くなつてくる。従つて、低くひっぱりあげてクリーンすればエネルギーの無駄を省けることにもなるわけで、こうした理由から生活の知恵として、誰かは知らないがこのようなテクニックを完成したものであろう。

このような人達こそ、今日の記録ラッシュの策なのであって、わたくしたちリフターが敬愛すべき人達だと思うのである。

#### おしらせ

キネ研事務局の電話番号が改正になりましたのでお知らせいたします。

代表 (460) 3511 内線64

#### キネシオロジー研究会会報

ひろば 第3号  
昭和35年7月15日発行

代表 宮畠虎三  
編集 渋川寅二  
金原 勇

連絡先 東京都渋谷区西原1丁目40番地  
東京教育大学体育学部スポーツ研究所  
キネシオロジー研究会  
TEL (460) 0511 内34



No. 85

## キネシオロジー研究会会報

## Kiné 研への勧誘

猪 飼 道 夫

1967年の夏、スイスのチューリッヒで「第1回国際 Biomechanics ミナー」が開かれたことは、前に本紙で報告した。そのときの proceedings がやつと出来上つて落手したので、もう一度そのときの会議を振りかえっているところである。その会議には、石河さんと、斧野さん（鹿島大整形外科）と、わたしの三人が日本から参加した。こうした会議は世界中のいろいろのところで開かれるので、それらにみな出席していただら、貧乏になつて食えなくなるはずである。まあ、交代でできるだけ強みが出来るのがいちばんよい。この次の会議は1969年の夏だということである。この報告をみているうちに、一つ心にとまることがある。それは、ドイツのディーム夫人（Liselott Diem）が生後1年児（乳児）の運動の研究の研究班の報告をしていることである。ヒトの運動様式の発達の過程を、いろいろの観察方法を用いて追求しているわけであるが、とくに興味のあるのは、水中で自由に運動させてその運動の調節様式をみてることである。水中では、重力の作用がきわめて小さくなり、いわゆる無重力状態を模倣する（シミュレーション）ことができる。したがつて、本來の筋群の反射的連関をみると

にも都合のよい方法である。こうしてみると、動物の歩行様式と同様の運動様式が、うでとあしの間にみられるのである。きわめて簡単な方法であるが、こうした条件下での運動様式を写真で追跡していくことによつて、運動の発達がとらえられるのである。

もう一つは、米国クイストンシン大学女子体育学部のウォーターランド女史（J.C. Waterland）の活躍である。この人は、子どもの姿勢や運動様式の発達研究で有名なヘレブラント女史（F.A. Hellebrandt）の後継者のように見うけられる。立運転を横から写真とストロボで追跡しているオーソドックスなものであるが、これを反射との関連において考察していることが特徴である。

ここで Biomechanics というのも、Kinesiology というのも、「身体運動学」という意味では同じである。そして、わたしが、とくにディーム夫人と、オーターランド女史の仕事を注目したのは、日本でもこうした女性の研究者が Kinesiology 研究に多くなつてもらいたいからである。日本では、ダンスの研究者が多いことは世界でも有名であろう。そこで、もう一步進んで、ダンスにおける運動の研究が、「身体運動学」という系統の中に

はいつて、科学として一般化されるところまでいかないものだろうか。そうすれば、日本のKinesiologyはいちだんと豊富なものになろう。Kinesiologyには、力学的なアプローチと、生物的なアプローチとがあるが、どこからでも攻めこむことができるはずである。

わたしは、あまり過激することなく、いろいろの企画をし、試行をし、失敗を重ねていくうちに、何とかお約束をもうけていくよいと思つている。年頭にあたつて、とくに女性の研究者にたいし、Kine 研への出陣の弁をふるうわけである。(東京大学体育学研究室)

## 教育現場へもつとキネシオロジーをと念じて

高木公三郎

教育系の大学から依頼をうけて、キネシオロジーの集中講義をあちこちで大分させてもらつた。

専門コースの学生諸君が相手であり、そろ多人数ないので講義料・講義料をうけて、学生諸君の中にはいつて対話的に話を進めることにしているが、いつも学生からのはれかえりが期待より少ない。それは何故なのかといふといふ當つてみると、骨格や筋について一通りは知っていると考えている諸君もそれがどうも正確なものになつていないので、キネシオロジー的な考察をする予備知識というか基本知識が不確実なことが第一の原因である。そしてもう一つは高校時代から数学や物理はきらいであつたとか、力学などはもう自分に縁のないものと考えているというところがあつた。

小・中学校や高校で体育の授業中に運動の指導をする場合、その動きの合理性を、それぞれの学年なりに生徒とともに分析的に考えてみる工夫があれば、生徒達は大きい興味を示すものである。ともに考えるとか、子供に考えさせる形の教え方は、体育を通じて科学的研究の方法を身につけさせる最もよい方法であろう。

教育系大学で、やがて体育の専門家となられる学生諸君は、いわゆる専門のプランチに何を遺ぼれるにしても、体育が大筋運動を通じての教育である限り、身体の構造と機能に関する知識は、何としてももつと明確に持つ

必要があらう。そのための工夫と努力がもつとあつてもよいのではなかろうかと思う。

解剖は圖だけでなく、少くとも詳しい生体解剖をお互いに十分させるべきであらうし、人体解剖ができなければ、近くの医学系の大学へ依頼して解剖実習を十分見学させたい。また人体でなくとも比較解剖学の考え方で、なるべく大型の犬などの解剖をさせながら人体解剖図によつて腕筋の動きや筋の機能を吟味し、神経、血管そして内臓についても一通りの全部を学ぼさせてほしいものである。

生理・解剖の講義は受けている若の学生諸君であるが、その知識を具体的な運動と関連して考えられるような修得のさをどの工夫を念じずにはいられない。

次ぎに今日の高校の物理のテキストには細分と最近に発表した問題まで記述されており所々余りに断定的に書かれているのが多く点もあるが、そのはじめに取扱われている古典的な力学のところだけでもよいから、あの高校の力学をもう一度、体育運動と関連させて復習させてほしいものと思う。

長さ、時間、重量の物理的観念を誤まる人もなかろうが、運動、力、仕事、エネルギー、エネルギー率や運動量、慣性率等についての知識を再確認して、実際の身体運動を動作分析するときの物理的な解釈の基本を正してほしいと思う。東京のキネの会合によせてもらつて、渡川先生の力学の話を何回かうかがつたが、どのような話が、学部の学生諸君にうま

く伝達されたらと思う。

体育運動についての力学的な蓄積を波川先生が用意なさつていると聞いたが、それを大いに期待したいし、小林一敏先生にも是非同じような計画を望みたいと思う。

私自身も、はじめもつと身体力学的な仕事をしたいと思っていたのが、全く解剖や生理のことを知らなかつたので、体育の仲間に入れてもらつてから勉強をはじめたが、筋の機能や筋電図に血道をあげ過ぎてしまつた。頗るこの数年、運動の原動力としての筋力がどこで発生し身体内をどのように伝達して、ゆ

くかを調べたりしかけたが、これからは済みながら、じつくりとその身体運動の力学的なものと表組んでみたいと考えている。

ともかく現場で直接教育に当られる若い卒業生に、もつともつとキネシオロジーを現場で生かしてほしいし、その中から、多くの新しい問題を見出してほしいと念じずにはいられない。

教育系の先生方も多いこのキネの会員方にそのことをお預りしたいと思う。

(失礼な表現があつたかと思いますが、それは特にお許し願います。) (京都大学)

## 重力の加速度について

東教大大学院 植屋清見

電車が走りだすとき、または止まるとき、その速度が変わります。単位時間あたりの速度の変化を加速度といいます。物体が一定の加速度  $a$  で直線上を動く時、はじめの速度を  $v_0$ 、時間  $t$  の後の速度を  $v$  とすればその時の加速度  $a$  は  $a = (v - v_0) / t$  となる。

物体を高い所からおとすときも、また真上に投げあげるときも、物体の速度は変わる。物体が落下するときの単位時間あたりの速度の変化、すなわち加速度を重力の加速度といいます。この重力の加速度は、物体の大きさ、形などに関係なく一定の値であるがここで重力の加速度について、直撃、体育、キネシオロジーには関係ないけれども物理的考察をしてみたい。

地球上のすべての物体は直下方に引かれておりこの直下方に引く力を重力と呼んでいます。この重力の大きさを“重さ”又は“重量”と呼んでいます。一般にこれを  $W$  で表わします。物体の質量を  $m$  とし、物体を重力の作用のもとで落下させ、その時の加速度を測れば、ニュートンの運動の第2法則、

$(\text{力}) = (\text{質量}) \times (\text{加速度})$  より重さと質量の関係が得られる。すなわちこの落下時

の加速度を  $g$  とすると  $W = mg$  であり  $g = W/m$  となります。この  $g$  が重力の加速度であり、その値はいろいろな実験結果(たとえば单振り子の周期から求める。)よりだいたい  $9.80 \text{ cm/sec}^2$  であるが厳密には  $g$  の値は地球上の緯度や高さによつていくらか違つてきます。しかしこの違は運動の場に適応される落下の法則においてもたいした差はないがたいほど小さいものであるが以下その差はどうして生じるかみてみる。

地球上の物体に重力がはたらくのは、地球の中心に向う力がはたらくからである。この重力は地球が物体を引く力と考えられる。

月がとび去らず地球のまわりをまわり、また地球が太陽のまわりをまわっているのも互いの引力にもとづく力がはたらいているからである。太陽や地球のような天体に限らずあらゆる物体の間には引力がはたらいていることが知られている。これについての法則をニュートンの万有引力の法則といいます。

質量  $m_1$   $m_2$  の物体が  $r$  離れているとき引き合う力を  $F$  とするとこの力は、質量の相乗  $m_1 m_2$  に比例し距離の  $2$  乗に反比例するというもので  $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$  となる。Gを万有引力定数

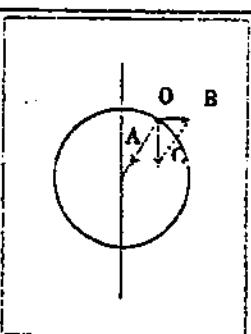
という。

地球上の質量mの物体にはたらく重力はこの物体と地球との間にはたらく万有引力にはならない。地球の質量が非常に大きいので地球上の物体同士の間の万有引力は考えなくてよい。

地球の全気圧は地球の中心にあると考え、その質量をM、半径をRとすると次の式がなりたくなります。 $m g = G \frac{M m}{R^2}$  、故に  $g = G \frac{M}{R^2}$  、この式が地球表面の重力の加速度gを与えます。次に、地上hの点での重力の加速度を $g'$  とすると  $m g' = G \frac{M \cdot m}{(R+h)^2}$  故に  $g' = G \frac{M}{(R+h)^2}$  、故に  $g' = \frac{M}{(R+h)^2} g$  となり、地上hの点では加速度 $g'$  は地球表面の値より小さくなることがわかります。

次に緯度によつて重力の加速度の値が変化することをのべる。

地上に静止している物体は実は地球の自転のために円運動しています。従つて円運動の中心に向つた加速度をもつてゐるが地上のいろいろな運動を考える時この加速度を考えるのはわざらわしいので地面は静止していると考えてそのかわり地球の回転角(北緯、南緯を経る線)に垂直に外向きに力をうけていると考えればよい。この力を遠心力といふ。この遠心力は直線結と物体との距離に比例するから、赤道上でもっとも大きくなり、両極ではゼロである。物体が地球上のO点にあるとする



と物体に働く重力は遠心力を考慮して重力( $\vec{OC}$ )= 地球の引力( $\vec{OA}$ ) + 遠心力( $\vec{OB}$ )となり当然両極でのgの値は赤道でのgの値より大きくなることがわかる。

( $\vec{OC}$ ,  $\vec{OA}$ ,  $\vec{OB}$ はベクトル量であるから)  
大きさと共に方向も考えねばならない。  
重力の加速度gは上にのべたように海面から

の逃げ、緯度によつて変化することがわかります。それらの影響を考慮して国际標準重力式として次のような値をとります。

$$g = 978.049 (1 + 0.0052884 \sin \varphi - 0.000059 \sin^2 \varphi) - 0.0003785 H$$

$\varphi$ : 緯度 H: 海面上よりの高さメートル  
この式より計算した海面上の重力の加速度の値は  $\varphi = 0^\circ$   $g = 978.049 \text{ cm/sec}^2$

$$\varphi = 45^\circ \quad g = 980.629 \text{ cm/sec}^2$$

$$\varphi = 90^\circ \quad g = 983.221 \text{ cm/sec}^2$$

となり地球の西極での値は大きく赤道での値は小さいということがわかります。世界各地の重力の加速度を次にあげると

$$\text{メキシコシティー} \quad g = 977.941 \text{ cm/sec}^2$$

$$\text{パリ} \quad g = 980.941 \text{ cm/sec}^2$$

$$\text{昭和基地} \quad g = 982.540 \text{ cm/sec}^2$$

上の事実から今度のアリンピックが行なわれたメキシコシティー(海拔2259m)では落下的法則に従う砲丸、弓箭、走跳録などの飛行距離は重力の加速度だけについてみると高所であるという利点も考えられますがこの差は非常に小さいものです。

#### 係よりおわびとお願い

44年の新しい年を経て会員の皆様方には、お世りない事と存じます。"ひろば"も一般の皆さんの事柄により、皆様方のお手元に送る事が遅れまして申し訳ございませんでした。本年も積極的にキネシオロジーの発展のために、全国の会員の皆様方と共に手を組んで、よりよい競技会にして参りたいと思います。皆様方の御協力、並びに色々の御批判をいただきたいと存じます。特に若い方々に、自分の持つてゐる疑問、質問等をハガキにでも御一報下されば、係でもできる限りの事をして皆様の御期待にそいたいと思つておりますので、何なりと御意見をお願いいたします。(吉本)

#### キネシオロジー研究会会報

ひろば 第35号

昭和44年2月1日発行

代表 宮畑虎彦  
編集 渡川侃二  
会原 勇

連絡先 東京都渋谷区西原1丁目40番地  
東京教育大学体育学部スポーツ研究所  
キネシオロジー研究会  
TEL(450)0511 内84