

### 6-3. 女子柔道選手の投げ技における筋力, 動作速度, 筋パワー及びエネルギーの発 現について

筑波大学	芳 賀 脩 光
山梨大学	植 屋 清 見
電気通信大学	水 田 拓 道
東京学芸大学	貝 瀬 輝 夫
日本女子大学	安 藤 慶 子
早稲田大学	大 沢 慶 己

#### I 目 的

今日、柔道の試合は体重差によるハンディキャップを緩和するために体重制による競技システムでおこなわれている。体重制設定の背景にはその他の体重制による競技、例えばレスリング、ボクシング、重量挙げなどと同様に体重の差が即、筋力の差と考えられ、勝敗に決定的な差をもたらすと考えられていることである。確かに、重量挙げなどでは60 kg級と75 kg級では選手の保持する絶対筋肉量、それに伴う絶対筋力なども明らかに異なる。この考え方は、基本的には柔道においても該当するものである。しかし、動きに応じ、相手の力を利用して技をかける柔道においては、保持する筋力の大小そのものよりも実質的に技の中で発現される筋力の大小、及びその時間的発揮ということがより重要であると思われる。“柔よく剛を制す”という理論も哲学的解釈を別にして自然科学的立場から考えれば、筋力や筋パワーが技との関連のなかでいかに大きく、またいかにタイミングのよい時点で発揮されたかを示すものである。

本研究の目的は、すなわち、柔道の「崩し」、「つくり」、「掛け」の一連の技の展開の中で保持する筋力がいかなるパターンで力として発揮され、技のスピードに変換され、パワーとして生かされているのかを女子柔道選手を対象して定量的な解析しようとしたものである。

あわせて、それぞれの投げ技において発現されるエネルギーについても定量的に算出し、検討しようとするものである。

#### II 研究方法

##### 1. 測定方法

投げの技における筋力、動作速度、筋パワー、並びに筋エネルギー発現に関する測定は植屋<sup>2)</sup>によって開発され、図1に示されるような慣性車輪の牽引による方法によっておこなわれた。

図1のブロックダイアグラムから明らかのように本研究における筋パワーは柔道の技の実施によって発揮された力、及びその動作スピードから瞬間瞬間の値として自動的に算出され、それぞれ力曲線、速度曲線、パワー曲線として連続的に記録するという方法によった。

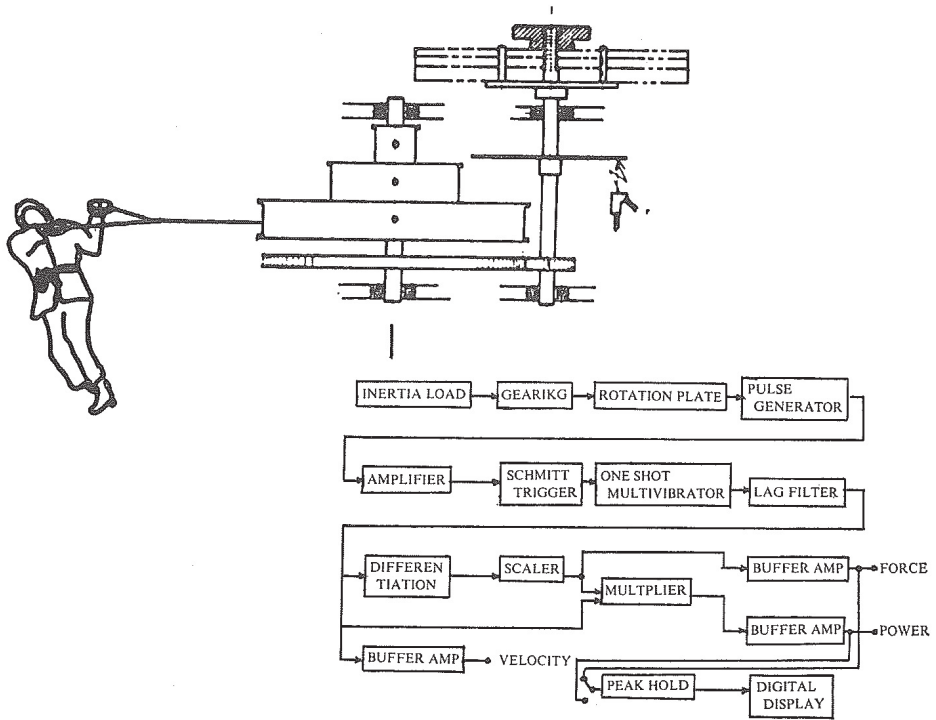


図1 柔道の投げの動作における筋力、速度、筋パワーの測定に関する実験概容

## 2. 技の実施

被検者は技をかける場合、他端を慣性車輪に巻きつけたワイヤーを右手、左手に持ち、自然体の姿勢から通常柔道でおこなう懸練習（打ち込み）の要領で全力で試技をおこなった。また、それぞれの技の終了時にワイヤーの他端は慣性車輪から離れるようにその長さは調整された。本研究に用いた「崩し」と試技名は(1)前隅の崩し、(2)一本背負投、(3)体落とし、(4)払腰の4種類であった。

## 3. 慣性車輪の等価質量

技を施す相手の体重（慣性）ということに関して本研究では慣性車輪を用いたものであり、その負荷は軽い方から 8.0 kg, 26.9 kg, 39.0 kg, 55.8 kg, 79.5 kg の5段階であった。

## 4. 16 mm 高速度写真撮影

全ての試技動作は3曲線の測定と同時に側方に設置された16 mmカメラによって毎秒64コマで撮影され、ストロボフラッシュによって力、速度、パワーの3曲線とのタイミングの一致をはかった。

5. 被検者は女子柔道選手2名（K選手、H選手）で共に講道館女子柔道3段を有するものであった。

## III 結果

### 1. 筋力、動作速度、筋パワーの発現

それぞれの技の実技に伴なって発現された筋力、動作速度、筋パワーとその動作フォームを時間

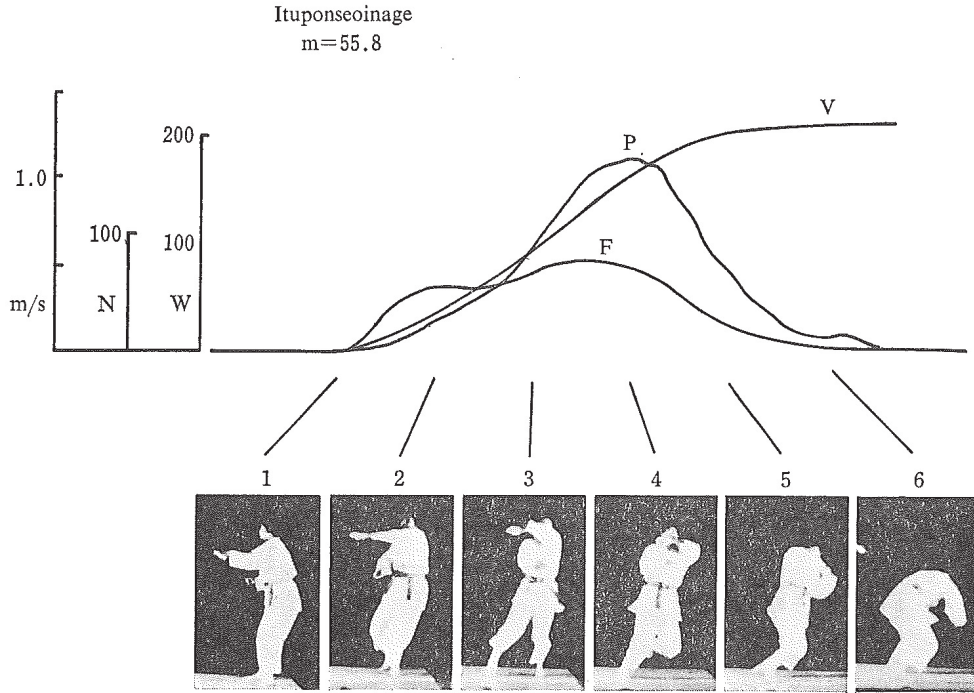


図2 一本背負投における筋力、速度、筋パワーの発現  
(被検者：H(3段), 最大筋力：78.8 Newton, 最大パワー：175.5 watt, 最終速度：1.25m/s)

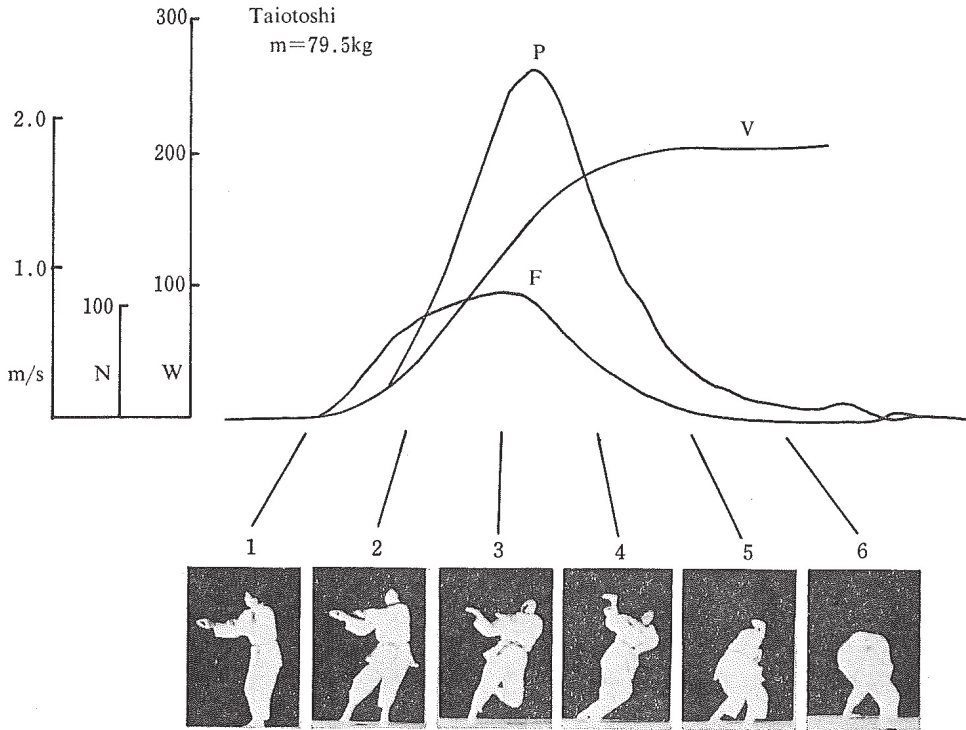


図3 体落としにおける筋力、速度、筋パワーの発現  
(被検者：H(3段), 最大筋力：112.0 Newton, 最大パワー：260.0watt, 最終速度：1.80m/s)

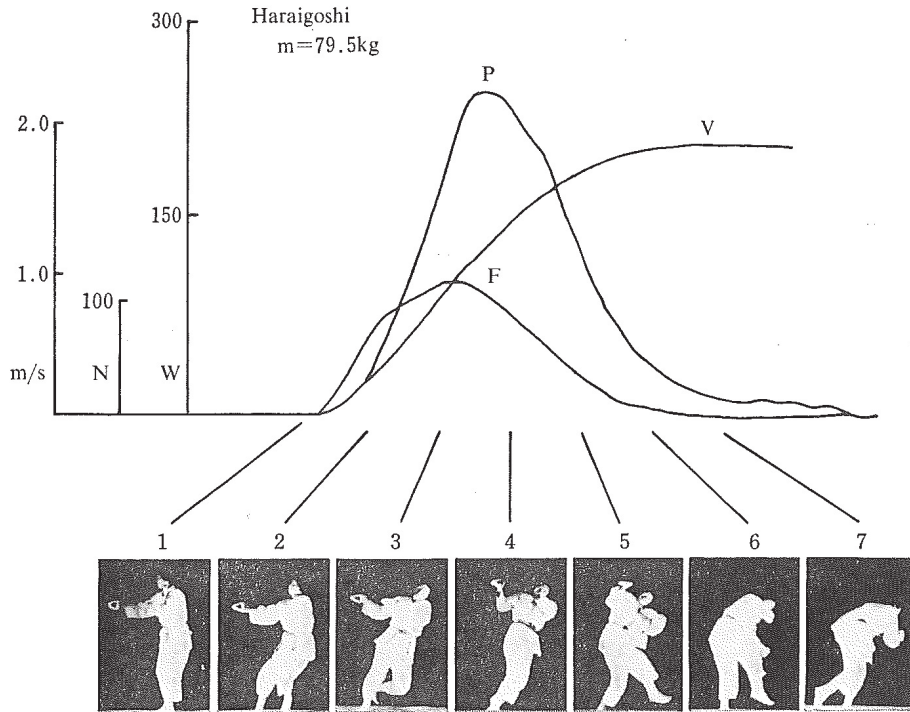


図4 払腰における筋力、速度、筋パワーの発現

(被検者：H(3段), 最大筋力117.0 Newton, 最大パワー：245.5 watt, 最終速度：1.78m/s)

的に対応させて示したものが図2, 3, 4である。いずれもH選手の試技で図2には一本背負投で等価質量 55.8 kg の場合, 図3は体落しで等価質量 79.5 kg の場合, 図4は払腰で同じく 79.5 kg の場合である。図中のFは筋力, Vは動作速度, Pは筋パワーの発現を示す曲線である。それぞれの技によって, 3曲線の発現パターン, 最大値は異なり, 更には最大筋力と最大筋パワーの発現が各動作のどの瞬間であるかといったタイミングの発揮の様子が確認された。

最大筋力, 動作速度, 最大筋パワー値は一本背負投で 75.8 newton, 1.25 m./s., 175.5 watt, 体落しで 112 newton, 1.80m./s., 260.0 watt, 払腰で 117 newton, 1.78 m./s., 245.5 watt であった。筋力の発揮は慣性車輪の等価質量が増加すれば大きくなり, 動作速度, 筋パワー値は減少する傾向がいずれの技においても確認された。

最大筋力, 筋パワーと動作フォームとの対応でみると体落し, 払腰では比較的集中的にその値が発揮され, 一本背負投では2段モーシヨンのなゆるやかな曲線として発揮されていた。しかし, いずれの技でも最大値の発現は上体の動きに関していえば上体のあおりと両腕の引きつけ, 脚や腰部の動きに関していえば相手に背を向けるように腰を回転させ, まわり込んだ足が畳に着地した瞬間である。この傾向はK選手でも全く同様であり, またいずれの負荷(等価質量)においても同様であった。

## 2. 技に関するエネルギー示性式

本研究において実施した4種類の技についてそれぞれの技で発生するエネルギー, 相手に伝えられるエネルギー, そして, 動作そのもので消費されるエネルギーということに関してのエネルギー示性式が算出された。その算出原理は5段階の等価質量(M)に対して最大何 m./s. の速度(v)を与え得るかの測定から Mass-Velocity に関して運動エネルギーの形で  $1/2(M+A)v^2=Ed$  なる



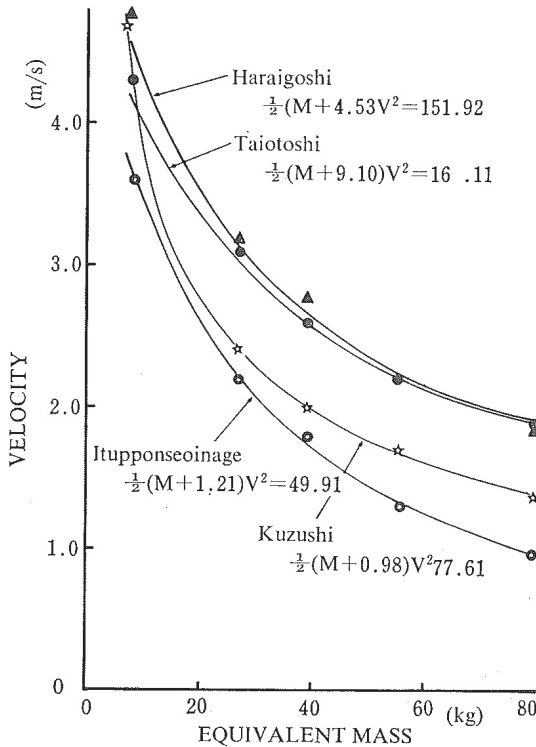


図5 女子柔道の投げの動作における等価質量と最大速度との関係、並びにエネルギー示性式

式を設定し，最小自乗法によって定数 A, Ed が算出されるということである。ここで Ed が動作発生エネルギーで A が消費エネルギーの係数ということになる。

図5はH選手の算出結果である。発生エネルギー量は体落とし：162.11 J(ジュール)，払腰：151.92 J，崩し：77.61 J，一本背負投：49.91 Jの順であった。体落としという技では崩しの約2.09倍，一本背負投の3.25倍ものエネルギーを発生して動作をおこなっている。また，一本背負投より両腕の引きつけによる崩しのエネルギーが大きいという結果を得た。

一方，消費エネルギーの係数 A の値は体落とし：9.10 kg，払腰：4.53 kg，一本背負投：1.21 kg，崩し：0.98 kgの順であった。この A の値は動作に参加する身体部位の多少，速さに関係するもので体落としなどでは身体のかんりの部分動作に参加し，一本背負投や崩しでは参加部分が少ないことを示唆している。発生エネルギー Ed と消費エネルギーの係数 A との関係から，例えば払腰では体落としより発生エネルギーは93.7%と幾分少ないが，Aの値が約50%で

あることから動作速度は逆に払腰の方がいずれの負荷でも高いという結果になっている。

等価質量 8.0 kg と非常に軽い負荷に対しては崩しのスピードは 4.60 m./s. と体落とし，払腰と同じ程度に高かった。しかし，負荷が大きくなるにつれて力不足といった傾向になって速度は低下し，出力エネルギーは減少してきた。

#### IV 論 議

本研究における筋力，動作スピード，筋パワーの測定は実験室的に慣性車輪を用いる方法によっておこなわれた。実際の柔道の乱取りや試合においては技がかけられると相手は必ず防禦の姿勢をとり，技を防ぐためになんらかの力を発揮する。従って，技をかけ，投げるためには相手の“慣性+防禦力”以上の力の発揮が必要となる。しかし，本研究においてはそれぞれの技での力の発揮を慣性負荷に求め，慣性車輪の等価質量の大小だけでおこなった。それ故に，実際の場面でみられる“防禦力”は存在せず，相手が技をかけた場合全く抵抗せず素直に投げられるという状態での測定としておこなわれた。

等価質量の小さい測定では技の一連の動作もスムーズにおこなわれたが大きい値，例えば 79.5 kg あたりになるとワイヤーを引こうとして逆に自分自身の身体が慣性車輪の方に引ばれるという傾向もみられた。しかし，このような場合の試技は幾度もやり直しをし，技の実施そのものは実際の動きとほぼ同様におこなわれるよう配慮した。

筆者ら<sup>1)</sup>は先に大学男子柔道選手 9 名を対象に等価質量 8.0 kg から 127.3 kg の範囲で全く同様

の実験及び測定をおこなった。この結果と今回の女子選手の場合を比較すると筋力、速度、筋パワー共に大きく下まわっている。例えば、大学男子選手では体落しでみると、最大筋パワーは平均して等価質量 79.5 kg で 480 Watt, 筋力では 330 newton, 速度でも 3.0 m./s. であった。また、一本背負投げでも 335 Watt というような値を大学男子選手は示していた。H選手と男子選手を体落しの最大パワーで比較してみるとその値は61.2%に相当する。女子柔道選手のレベルは体落しのみならず、他の技においてもほぼ同程度のパーセンテージであった。

この理由としては女子選手の場合、最大筋力が男子選手に比較して筋パワー以上に小さいことによるものである。本研究の被検者に対して実験室でおこなう静的最大筋力 (Isometric maximum muscle strength) の測定は実施しなかったが腕屈曲力、背筋力、脚筋力、胴体のひねりの力といった値が男子選手に比較し相当に小さいことが影響しているものと推察される。

女子柔道選手の投げ技におけるエネルギーのレベルを知る意味で、先に筆者らの一人である植屋がおこなった片腕での前腕屈曲動作<sup>4)</sup>及びボートのローイング動作<sup>3)</sup>と比較してみると大学柔道部部員が 72.0 J, 他の14部の平均がほぼ60.0 J, そしてローイングのインターカレッジ出場クルーの平均が 952.9 J であった。もっとも、前腕屈曲動作での消費エネルギーの係数Aは 4.5 kg~6.5 kg 程度で、ローイング動作では 75.74 kg と今回の測定よりはるかに大きい値であった。

このことは両手、両脚および上体の後方へのスウィングをフルに使うローイング動作では女子柔道選手の払腰や体落しでのエネルギーの5倍又は6倍のエネルギーを発現していることになる。

しかしながら、一方において、消費エネルギーの係数Aの値を比較すると柔道の投げ技ではローイングのそれよりはるかに小さい。崩しや一本背負投では動作そのもので消費するエネルギーはローイング動作のそれに比べるとほとんど無いに等しい。体落しでの値が 9.10 kg と4種類の技の中では一番大きいということは、この技を掛ける場合には身体全体を最も使っているということで理解される。崩しにおいては (A=0.98 kg), 逆に質量の軽い腕だけしか参加させていないということが予想される。腕のみならず、上体へのあおりまで崩しの動作で用うれば発生エネルギーも大きくなり、それに伴ってAの値も大きくなる。

発生エネルギー量との係数Aの比率の大小から出力エネルギーの大小が決定される。その意味で柔道の投げ技はローイング動作に比較して少ないエネルギーが効率的に出力エネルギーに変換され、相手を崩し、投げるためのエネルギーとして使われていると考えられる。

4種類の技を更に詳細にエネルギーの面から検討すると、例えば図5に示されたK選手の場合、払腰は体落しに比べてエネルギーの発生はわずかに少ないが速度の速い技と考えられる。更に、払腰でも、体落しの場合でも相手を「崩し」てからそれぞれの「つくり」にはいり「掛け」をおこなうという関係からみると「崩し」の段階でかなりのエネルギーを出していることになる。

更に、等価質量 55.8 kg でこの点を検討すると「崩し」での出力エネルギーはエネルギー示性式から 76.23 J と算出され、払腰、体落しではそれぞれ 140.49 J, 139.37 J と算出される。従って、払腰、体落しにおいて54.7%, 54.3%は「崩し」によるエネルギーであり、残りのパーセンテージが脚の払い上げによる場合や上体でのあおりの力によって生じるエネルギーと考えられる。

以上の研究は自然体で静止した状態から検索したものであるが、相手と共に自分自身が動いている中でどのように筋力、筋パワー、又動作速度が発揮されるのかは重要な問題である。困難を有する実験ではあるが今後の課題としたい。

## V 結 論

本研究における結果から次のような結論が得られた。

1. 投げの投によって発現される筋力、筋パワーは技の種類によって、その大きさも発現パターンも異なる。
2. 投げの技に伴うエネルギー発現は、 $1/2(M+A)v^2=Ed$  なるエネルギー示性式で検討された。
3.  $Ed$  が動作発生エネルギー、 $1/2Mv^2$  が相手に伝えられる出力エネルギー、 $A$ が動作に伴う消費エネルギーの係数である。
4. 技の種類に関しては体落とし、払腰、崩し、一本背負投の順で発生エネルギーは大きく、技自体での消費エネルギーもこの順序で大きかった。
5. 女子柔道選手の筋力、速度、筋パワーおよびエネルギー発現は男子柔道選手およびその他のローイング動作などに比較するとかなり低い値であった。

### 参考文献

1. 芳賀脩光, 植屋清見, 水田拓道: 柔道の投げ技における筋力と筋パワーの発揮について, 日本体育学会第27回大会号, 284, 1976.
2. 植屋清見: 慣性負荷法における筋パワーの測定に関する測定装置の研究開発, 東京工業大学人文論叢 2: 133-147, 1976.
3. 植屋清見: エネルギー示性式からみたローイングの運動学的研究, 体育学研究22(6): 363~373, 1978.
4. 植屋清見: 動的筋発現エネルギー特性の体力科学的検討——その2——, 理工系大学運動部部員の筋エネルギー, パワー能について, 第33回日本体力医学会大会議事録, 118, 1978.