

4. バイオメカニクスから見た柔道投げ技の基礎的研究

筑波大学 柘殖 俊一, 松島 皓三, 竹内 善徳, 中村 良三

4. Physical and Physiological Stability Limits of the Human Body in a Standing Posture

Shunichi Tsuge, Kozo Matsushima, Yoshinori Takeuchi
and Ryozo Nakamura (Tsukuba University)

Abstract

Measurements were made on projections onto the ground from the center of gravity of the human body in various standing postures. Loci of the center of gravity, drawn when subjects are at marginal stability, were shown to form a closed curve for a fixed foot position (the physiological stability limit). The stable region was mapped inside the physical limit, consisting of a curve formed by the footprint and lines connecting the toes and heels. It was observed that the resulting curves were distinct from one another, and that the reproducibility of the physiological limit curve at a fixed position was high, although the curve differs for different individuals.

はしがき

柔道の投げ技は、それにかかわる運動の自由度の多さのために最も解明しにくいバイオメカニクスの分野であり、他の運動競技の場合には許容されるモデル化は、それを行ったために本質を失わせてしまうことが多い。そこで、ここでは研究対象を、自由度のより多い運動である「作り」或いは「掛け」に入る以前の「崩し」のみに限定した。これはしかし消極的な限定ではなく次のような積極的の意味をもっている。

すぐれた崩しとは俗に「気がついた時には投げられていた」という通り人間の運動平衡感覚の盲点を衝くような動きであろう。そのような崩しは人体の自蔵する（感知用）測定器にかからないような運動である。この点に力学的計測によって客観的に測定することの意義が生じ、あるい

は名人といわれる人の直感を凌ぐような知見が得られる可能性も内在しているのではないかと思われる。このような可能性は技の「作り」や「掛け」の段階においては殆どあり得ないことである。何故ならば「サイはすでに投げられた」この段階ではスピード・筋力・それに理論的に正しいとされているフォームを正確に再現する訓練といった要素がはるかに重要な因子であるからである。

崩しとはこの静と動との接点の動きのことであるが、この崩しの定義は次のように与えられている。「安定した相手の体勢を、不安定な投げ易い姿勢に導くこと」¹⁾あるいは「崩すとは受けに対する用語で、その体勢を不安定にさせ、重心線を支持面の外に移行させ（中略）技を掛けるのに都合のよい体勢に誘導することである」²⁾。この定義は実技の指導の際には、感覚的に極めて受け入れ易く適切なものであるが、この同一内容をバイオメカニクスの立場からいいあらわそうとすると必しも容易でないことに気がつく。その理由は、純力学的（つまり人間の平衡感覚と反射を考えない）安定論では剛体の釣合い条件として重心の投影が支持面の内部にあることが必要充分条件なのであるが、人間はその安定限界にある程度近づくとそれを自覚して重心を引き戻すか足を踏みだすかするものなのである。（図・0参照）

それ故、取りが受けの重心をこの安定限界近くまで移動させる時は、受けはそこに到るまでに反射的に防御反応を開始するはずであり、従って以後の動きはもはや崩しとはいえないのではないかと思われる。つまり崩しだけで受けの重心位置を力学的支持面の外にもって来ることは相手が剛体の物体でない以上不可能なことである。

しかし一方において支持面境界近くまで重心が崩されれば、それから先は技の施行、つまり「作り」と「掛け」によって受けを投げることの出来る領域が存在するであろう。そのような領域（斜線部）を仮に準安定領域となづけておく。この領域は受けの個体に個有なものではなく、主として取りと受けの力量の差——両者の筋力差、取りのフォームの正しさ、等——に依存する。この力量差が大きければ斜線部の面積は大きくなり、ついにこの斜線部が全支持面を覆うようになれば崩しは不必要になり、作りと掛けだけで相手を投げる事が出来ることになる。このことをいいかえると崩しとは平衡位置にある重心位置をいかにして準安定領域の内部まで移動させるか、という動作と考えることが出来る。つまり相手が防御反応をおこす以前に重心を斜線部内まで移せれば相手を投げる事が出来るわけであり、他方この領域が狭ければ、重心をこの内部に移そうとすると外側境界Aに近づかざるを得ず、つまり相手に悟られ易いわけである。

われわれはこのようにバイオメカニクスの立場から定義し直された崩しの概念に基づいて、実

技においてすぐれた崩しといわれているのはどのようなものであるかを追求することを目的とするのであるが、本報告はそのための第一歩として人体の静的安定特性をしらべた。その結果、安定領域は従来いわれているいわゆる支持面ではなく、それよりもせまい、個体に個有な或る領域であることを見出した。つまり第0図のAに相当する境界はそこに画かれているように幾何学的に決定されるものでなく、その内側にある個体別に且つ実験的にのみきまる或る

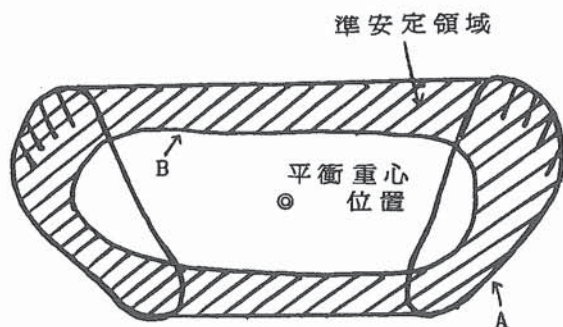


図0 安定領域の概念図

Fig. 0 The concept of the stable region.

閉曲線であり、従って準安定領域は更にその内側にある帯状領域であることが明らかになった。次章以下に、この閉曲線の測定法、その意味、この閉曲線の面積と安定性との関係、その普遍的な性格、等について述べるであろう。

研究の動機と背景

先に我々は「崩し」という概念のバイオメカニクスに立脚した定義を述べた。それによると、崩しとは人体を力学的に安定であるとされている領域の境界（これをAとしよう）のなるべく近くまで防御反射をおこさせないような形で受けの重心を移動させることであつた。このため、この境界Aを決定することは崩しの研究にとって重要な因子であろう。我々は予備実験の段階でこの境界Aは第1図に示す支持面の境界（これを改めてA'とする）とは一致しないこと、AはA'の内部にあって二者の差異は個人差が著しいことに気付いた。それで我々はA'を物理的（又は力学的）安全限界、Aを生理的安全限界、と呼んで区別し、重心を地面に投影した二次元平面内で生理的安全限界Aの性質をよりくわしく調べることを本報告の目的とする。

過去において崩しと受けの重心移動の関係を研究したものとして競技者の姿勢が左右両足への体重配分にどう影響するか、更に各足の前後にどのように配分されるか、を競技者の技を含めた個性との関連において研究した松本・柳田・佐藤・浅見の先駆的な研究⁹⁾がある。又、崩された姿勢をその瞬時の足圧分布との関連において把えようとした試みは松本・竹内・中村⁴⁾に見られる。一方直立した人体の重心投影位置と足型の相対位置を同時に測定する装置を作り出すことによつて平沢⁵⁾はすでに昭和45年に「重心の移動の範囲は両足接地足跡繞面の外境より少なくとも前後方向ではかなり小さく、その範囲でなければ直立は不可能である」ということを見出している。我々の目的はこの結果（一次的考察）の二次元への拡張にほかならない。田中⁶⁾はこの平沢のアプローチを柔道の崩しの測定に応用し人体の静安定度の指標としての顛倒角度と重心変動面積を測定し支持面積と比較している。但しこの際の支持面積として両足を揃えて立ったときの外接長方形をとっているのでこの数値は人体を剛体と仮定したときの支持面積である力学的安定境界面積をかなり上廻っている。

柔道の自然体、或いは自護体は論文5、6におけるように足を揃えた直立不動の形とはかなり異なるので柔道における静安定を論ずるためには二次元的考察が重要となつて来る。我々は以下にこのことについてや、詳しく述べることにする。

研究成果

I. 実 験

1. 実験装置

人体の重心の地面への射影位置を計測し、これを記録するために次の機器を用いる。

- a. 多方向フォースプレート（竹井機器工業製1273a）
- b. フォースプレート用作用点演算装置（竹井機器工業製1273b）
- c. フォースプレート用ストレインアンプ（8チャンネル、竹井機器工業製1273c）
- d. シンクロスコープ（二現象用、岩崎通信機電子株式会社製）

これらは重心の投影位置を二次元表示するためのものでそのブロックダイアグラムを図1に表示する。フォースプレートに乗った人体の重心の投影はシンクロスコープの画面に光点としてあらわれる。この位置を記録することで実験は完了する。

2. 実験の実施

(1) 場所, 及び日時

場所; 筑波大学第3学群, 構造工学系D棟110号室, 及び春日野部屋稽古場

日時; 昭和57年7月2日から同年12月4日まで

(2) 被験者

被験者は筑波大学柔道部員35名(いずれも柔道歴5年以上の有段者)職業力士14名(いずれも幕下以下の力士)筑波大学野外活動部員5名(主にスキーを得意とする者)一般人15名(スポーツを専門的に行っていない者, 主に筑波大学の学生)とした。

上記の被験者を選んだ理由はスポーツを専門的に行っている者とそうでない者, あるいはスポーツを専門的に行っている者のうちでも種目の異なる者との間で測定結果に差異が生じるかどうかを検討するためである。また, 運動種目を柔道の他に相撲とスキーとしたのは, 特に安定性が要求されると考えられる種目であったからである。

まず, 被験者を次のような条件でフォースプレート上に立たせる。すなわち, 両足の踵をあらかじめ引いておいた白線にそろえ, 足幅をおおよそ肩巾程度に開かせて, 両足のつま先と踵を結んだ線が60度で交わるようにつま先の方を決める。次に, その姿勢での足型をフォースプレート上に取り, 一旦被験者をフォースプレートから降ろし, その足型をゼロックスフィルムに記録する。(フォースプレートに描いた足型上の点を数箇所, 先の尖った棒で押さえると, シンクロスコープの画面にその位置を示す光点が現われる。)再び足型の上に被験者を立たせ, 柔道で言うところの「八方の崩し」の方向に自ら体勢を崩し, 転倒しないようにバランスをとりつつ, できる限り重心をその方向へ傾けるように指示した。この時, 両足が同時に足型から離れない限り踵やつま先を上げたり片足立ちになることは自由とした。またどのような姿勢(膝や腰を曲げるなど)をとっても構わないとした。そして, 被験者がこれ以上体を傾けると倒れてしまうと判断した時点で足を踏み出すよう指示した。この一連の動作中のシンクロスコープの画面に現われる重心を示す光点の移動を観察し, 安定の限界をゼロックスフィルムに記録した。被験者が安定を失う位置で光点の移動が急に速くなるので限界点は極めて明確に且つ再現性良く記録できる。(予備実験データa参照)以上のようにして, 安定領域の境界線上の8つの点を測定したわけだが予備実験データcを用い, できるだけ多くの点を測定した。測定した $8+\alpha$ 個の点にもとずき, 予備実験データbを利用して安定領域の完全な形状を描いた。「八方の崩し」の方向という指示では, 被

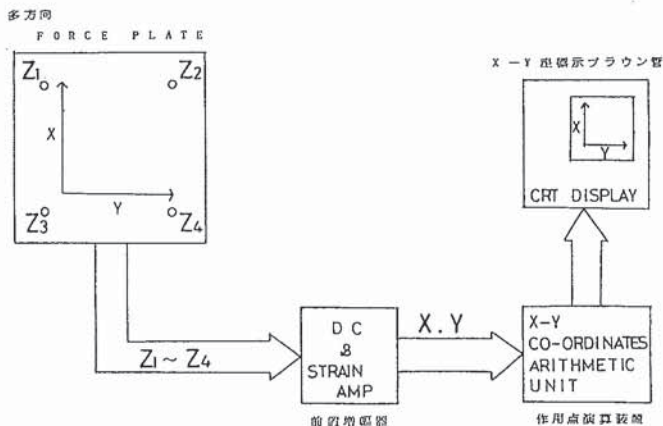


図1 実験設備の概要

Fig. 1 A diagram of the experimental equipment.

験者の主観により重心を傾ける方向がかなり異なる場合がある。そのような場合, 測定された $8+\alpha$ 個の点に予備実験データbを適用しても正確な安定領域の形状を描くことができないので, 場合により足りない方向を補足するための試行を行なった。)最後に, 被験者を足型の上に自然なりラックスした姿勢で立たせ, その時のおおよその重心の位置を記録した。予備実験によって得られた次のデータに注意しておく。

データ a

安定の限界で重心の移動が急に速くなるのでその位置は明確に測定でき、また再現性が極めて高い。

データ b

安定領域の形状は、おおよそ右図のようであり(破線の部分)滑らかな曲線で構成されており、おおきくいびつな場合はない。また、へこんだ部分もない。従って、図上の各点を測定すれば安定域を正しく描くことができる。(図2参照)

データ c

重心が殆んど限界に達しながらも、バランスをとって堪えているという状態のとき、重心が安定領域の境界線に沿って移動する場合がままある。従って、一方向測定するだけでその近くの何ヶ所かの点も同時に測定できる。(図3参照)

データ d

被験者が開眼、閉眼での測定結果には全く差がない。

II. 結果と考察

1. 生理的安定領域の一般的性質

予備実験で分ったように人体の静安定は重心の地面への射影が生理的安定領域の内部にあるときのみ保たれる。その測定結果の一例を図・4に示す。第一の特性としてそれは人体を剛体と仮想したときの安定領域である物理的安定領域の内部にあることはすでに述べた。いいかえると静安定に関する限り、生体はたとえばロボットに劣るものである。これはあたかも計算の機械的正確さにおいて人間の頭脳は計算機に劣るという事実と類似している。生体の重要な機能は重心がこの安定限界に近づくのを未然に察知して元へ戻すフィードバック機能にあると思われるが我々はこの部分はブラックボックスとして扱わざるを得ない。

生理的安定限界をなお詳細に観察すると後方・及び側方は個人差による差異が大きく、良い安定性をもつものはほとんど物理的安定領域と区別が付きにくいところまで近づいている。このような例を図・5に示す。これに対して前方の境界を見ると足指の部分は例外なく境界外に出ていることが確かめられている。図・6はその一例であるが扱った範囲ではこれに対する例外は一例も見当らなかった。このことから人体の足指の裏は重心を安定に支え得ないという普遍的な性質をもっていることがわかる。(足指を立て、バレエ・ダンスの直立姿勢のような形をとったような場合を除く。)この前方安定限界点での被験者の状態は足指に苦痛を生ずるわけでもなく、又たとえば超重量物を手で支え得ないときのような筋力の限界があるわけでもない。このことから足指の機能とは、静的安定に限って言えば、人体が前のめりになり、前方へ重心がかかりそうになったときに、それが足指の位置へ来るまえに地面を押し、その反作用として重心をうしろへひき戻すことであろうと思われる。

側方、後方の臨界安定点についても、物理的安定限界に達する以前に安定を失う理由は、筋力の降伏点とは無関係の純粹の生理学的原因によるように思われる。これ

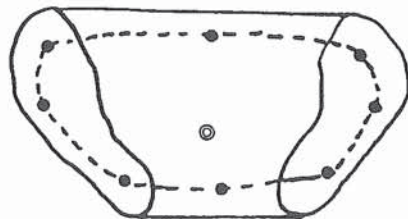


図2 安定領域の形状

Fig. 2 The configuration of the stable region.

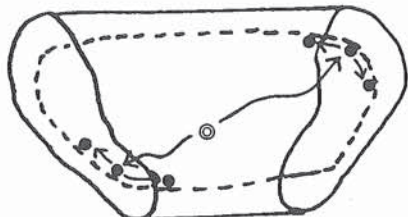


図3 重心点の安定限界での動揺

Fig. 3 Shaking the center of gravity at the stability limit.

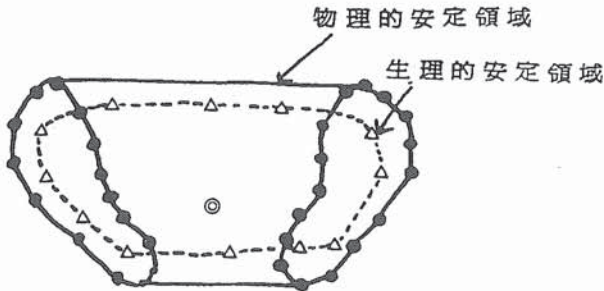


図4 物理的安定領域と生理的安定領域

Fig. 4 The physiological stability region and the physical stability region.

の指標とすることにした。具体的に述べると、物理的安定領域の面積に対する生理的安定領域の面積の比を百分率で表わし、その数値を個体間の安定能力を相対的に調べるための基準とした。それぞれの領域の面積比は、ゼロックスフィルムに記録した各領域をコピーして、それぞれを切り取り、自動面積計を用いその面積を測定し、算出した。(自動面積計は、うすい平板上のものであれば、どのような形状の図形でもその面積が測定できる装置である。)ところで、被験者の足幅をおおよそ肩幅程度としか規定しなかったため、足幅は被験者によってまちまちであった。しかし、物理的安定領域に対する生理的安定領域の面積比は足幅によってかなり左右される。つまり、比較的安定能力が低い被験者でも足幅を広くとることにより、安定領域の比が大きくなり、その

Y. TAKEUCHI

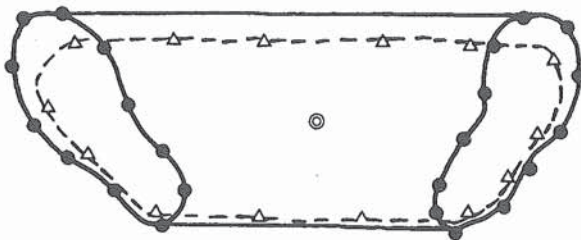


図5 側方及び後方に良い安定性を持つ例

Fig. 5 An example of good stability (slightly to the side and backwards).

N. TODA.

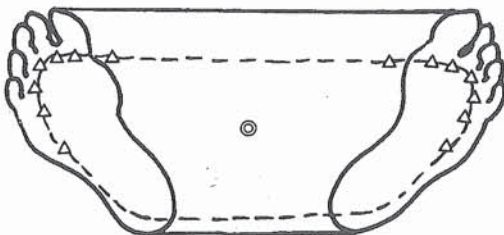


図6 足指と生理的安定限界の相対位置

Fig. 6 The relative position of the toe and the physical stability limits.

は実験時にこの臨界点において被験者が何等の苦痛を感じないことからの推測である。これと対比して、若し人間が剛体であるが痛覚を持つ、といった存在であると仮定すると、その臨界点である物理的安定限界線上では応力集中により筋肉の苦痛を意識するものと考えられる。

2. 安定能力の指標

生理的安定領域と物理的安定領域の面積比をもって、その個体の安定能力

の指標とすることにした。具体的に述べると、物理的安定領域の面積に対する生理的安定領域の面積の比を百分率で表わし、その数値を個体間の安定能力を相対的に調べるための基準とした。それぞれの領域の面積比は、ゼロックスフィルムに記録した各領域をコピーして、それぞれを切り取り、自動面積計を用いその面積を測定し、算出した。(自動面積計は、うすい平板上のものであれば、どのような形状の図形でもその面積が測定できる装置である。)ところで、被験者の足幅をおおよそ肩幅程度としか規定しなかったため、足幅は被験者によってまちまちであった。しかし、物理的安定領域に対する生理的安定領域の面積比は足幅によってかなり左右される。つまり、比較的安定能力が低い被験者でも足幅を広くとることにより、安定領域の比が大きくなり、その逆に安定能力が高い被験者でも足幅が狭いために安定領域の比が小さくなるということが起こる。そのような場合、その安定能力を決定している本質的な要素が曖昧になってしまい、各個体の安定能力を比較することが困難である。そこでこの曖昧さを除去するために、データを整理するに当たって次の2つの方法を採用した。その第一は、足幅が関与しないように物理的、生理的安定領域において足と足との間の部分を除いた面積により比を

求めることである。図7を用いて説明すると、左右の足型面積の和に対する領域FR+FL+Fr+Flの面積の和の比を安定領域の比とするのである。この方法によって得られた面積比を両足面積比と呼ぶことにした。加えて、FRに対するFrの面積比を右足側面積比、FLに対するFlの面積比を左足側面積比とした。これらは、個体の安定能力がどちらの足の方に優れているかを比較する指標となるはずである。

第二は足長を a とし左右つま先間の距離 b との比を柔道の自然体に近いと思われる値 b/a

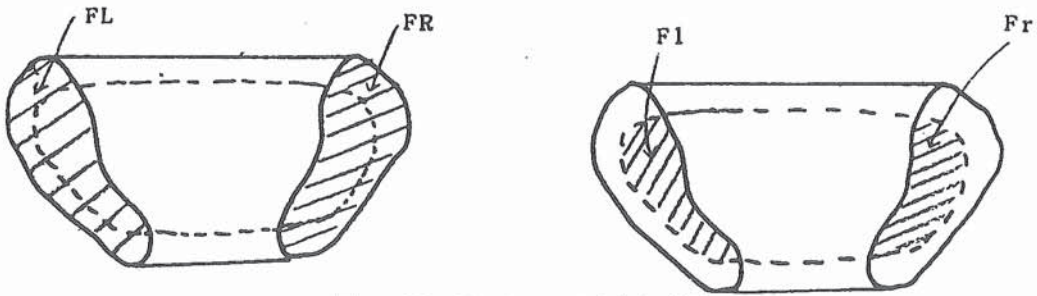


図7 FR, Fr, FL, Flを表わす図

Fig. 7 A figure indicating FR, Fr, FL and Fl.

$a=k$ (k :一定)となるように、つまり全ての各領域の形状が相似形となるように換算してから面積比を算出する方法である。こゝで両足は 60° の角をなすように規制してあるので、 a 、 b をきめればこの台形は一意に決定する。換算方法を説明すると、足幅が関与する足と足の間の部分の面積(図8参照)の差異が生じないように、足長 a と左右つま先間の距離 b との比を一定にし、それに基づいて面積を求めた。面積の求め方は以下によった。まず人間がつま先を 60° に開き右足踵から左足踵まで一足長開いて立った時の a と b の比を $b/a=k$ とする。その定数 k を用いて実験により得られた個々の a_1 、 b_1 の比を調整し、統一することにした。但し、定数 k の値は平均的歩巾をもつ2人の被験者の a 、 b の実測値の平均から1.76とした。

a_1 : 実験より得られた踵からつま先までの長さ

b_1 : 実験より得られた右足つま先から左足つま先までの長さ

S'_0 : 図6斜線部分の物理的安定領域の面積

S'_1 : 図6斜線部分の生理的安定領域の面積

FR : 右足型の物理的安定領域の面積

FL : 右足型の生理的安定領域の面積

Fr : 左足型の物理的安定領域の面積

Fl : 左足型の生理的安定領域の面積

※ S'_0 、 S'_1 、FR、FL、Fr、Fl各領域の面積は前述の通り自動面積計で求め、 a_1 、 b_1 の値は実験結果より物差しで計測した。

$b_1/a_1 \times t = k$ となるような t を求めて、面積を t 倍すれば足幅による差異をなくすことができ、個体間の安定能力を面積比により相対的に比較することができるわけである。定数 t は、 $b_1/a_1 \times t = k$ であるから $t = k a_1/b_1$ となる。よって調整された図7斜線部分の物理的安定領域の面積 S_0 を求める式は

$$S_0 = S'_0 \times k a_1/b_1$$

同様に、調整された図7斜線部分の生理的安定領域の面積 S_1 を求める式は

$$S_1 = S'_1 \times k a_1/b_1$$

ゆえに、全体の物理的安定領域の面積 S_A と生理的安定領域の面積 S'_A は次のような式によって求めることができる。

$$S_A = S_0 \times k a_1/b_1 + FR + FL$$

$$S'_A = S'_1 \times k a_1/b_1 + Fr + Fl$$

この方法によって得られた面積比を全体面積比とし、第1の方法によって得られた面積比と共に安定能力の指標として考察を行なうことにした。

測定結果によれば、両足面積比は、最高72.11%、最低21.11%、平均は55.07%であった。また

この部分の面積を調整する

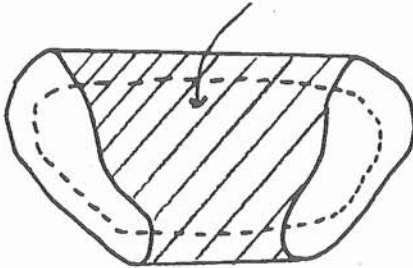


図8 面積を調整する部分

Fig. 8 Adjusting parts of the area.

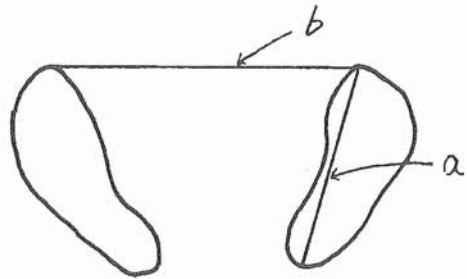


図9 a, bの取り方

Fig. 9 How to draw the "a" line and "b" line.

全体面積比については、最高81.63%、最低51.85%、平均66.66%という値が得られた。(図10参照) 図11は縦軸に両足面積比、横軸に人数をとったグラフであるが、このグラフを観ると、面積比が40%~70%の間に殆どの者(95%以上)が、しかも平均的に分布していることがわかる。また図12は縦軸に全体面積比、横軸に人数をとったグラフであるが、このグラフを観ても面積比が50%~80%の間に殆どの者が平均的に分布していることがわかる。「このことから人間の安定能力は、かなり個人差を持つものであるが、その範囲はほぼ決まっており、その範囲内に割合均等

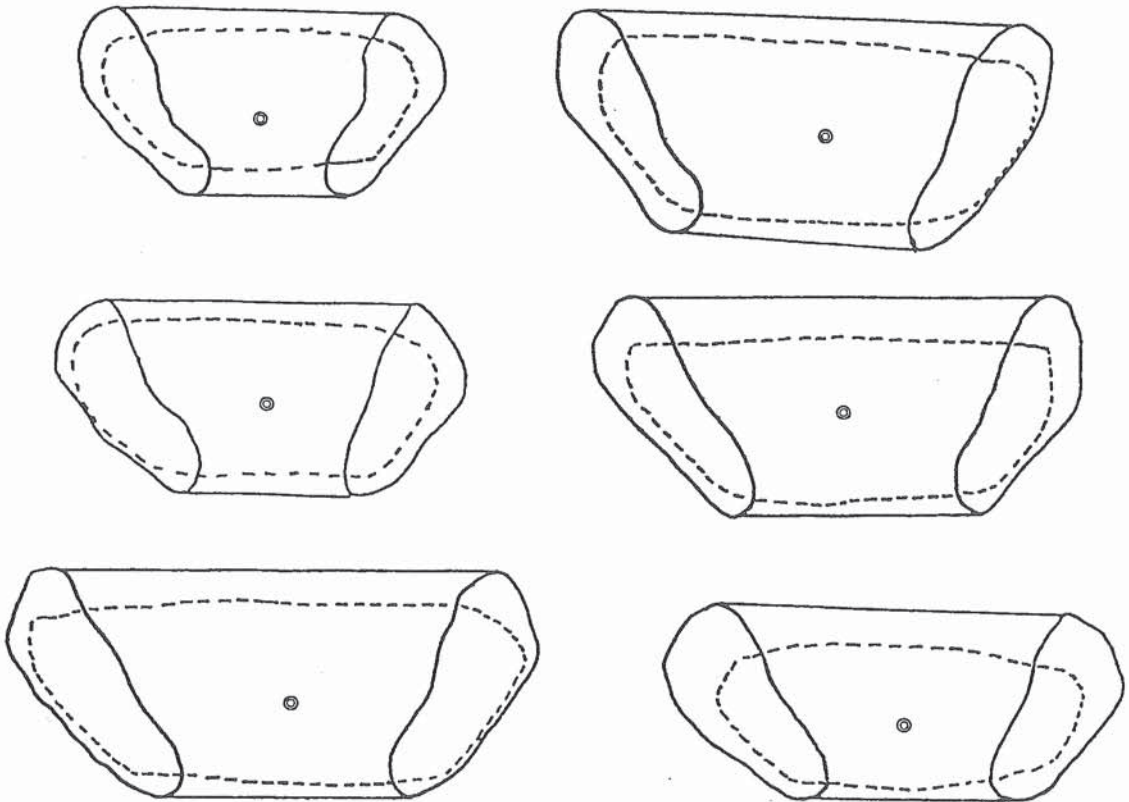


図10 生理的安定領域の形状

Fig. 10 The configuration of the physiological stability limits.

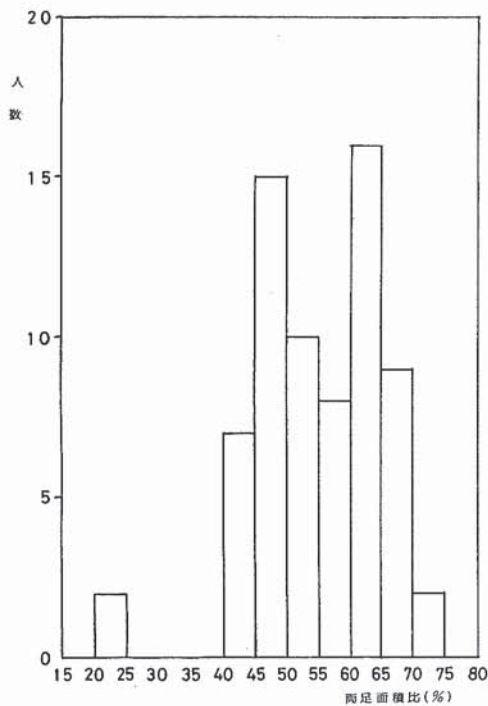


図11 両足面積比と人数

Fig. 11 The ratio of the area of the soles of both feet and the number of subjects.

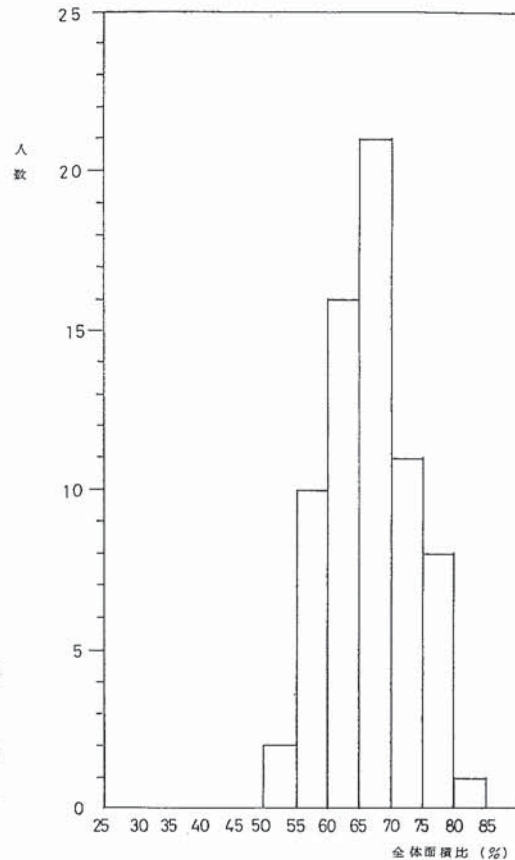


図12 全体面積比と人数

Fig. 12 The total area ratio and the number of subjects.

に存在しているということがわかると思う」。

3. ローレル指数, スポーツの種類と安定能力との関係

人体の安定能力は, 体重, 及び身長と或るかわりがあるのではないかと考え, ローレル指数を用いて相関関係を調べた。両足面積比では, 図13からもわかるように殆んど相関がみられなかった。しかし, 全体面積比では, 図14からもわかるように, ローレル指数の高い者程, 安定能力が低いという弱い相関が得られた。すなわち, 肥っている者程, 安定能力が低くなる傾向を示すということである。これは, 身体を支える基底面に対して重量が大きいということが臨界点において拮抗筋がバランスを取る作用をするとき負荷が大きいので不利になる結果, 安定能力が低くなって現われるのではないと思われる。以上のことより, ローレル指数が全体面積比によって表わされる安定能力に個人差を生じさせる要因の一つではないかと考えられる。

柔道選手, 職業力士, 野外活動部員 (主にスキーを得意とする者), 一般人 (スポーツを専門的に行っていない者)の両足面積比の平均をそれぞれ算出したところ, 柔道選手53.29%, 職業力士50.92%, 野外活動部員66.41%, 一般人57.56%であった。(表1, 2参照)

また全体面積比の平均は柔道選手65.48%, 職業力士64.14%, 野外活動部員75.39%, 一般人68.86%であった。全体の両足面積比の平均が55.07%, 全体面積比の平均が66.66%であることは第1節で述べた。この結果によると, 一般人の平均値が, 全体の平均値をやや上回っていることから, スポーツを専門的に行っていない者が, 専門的に行っている者より安定性が劣るとい

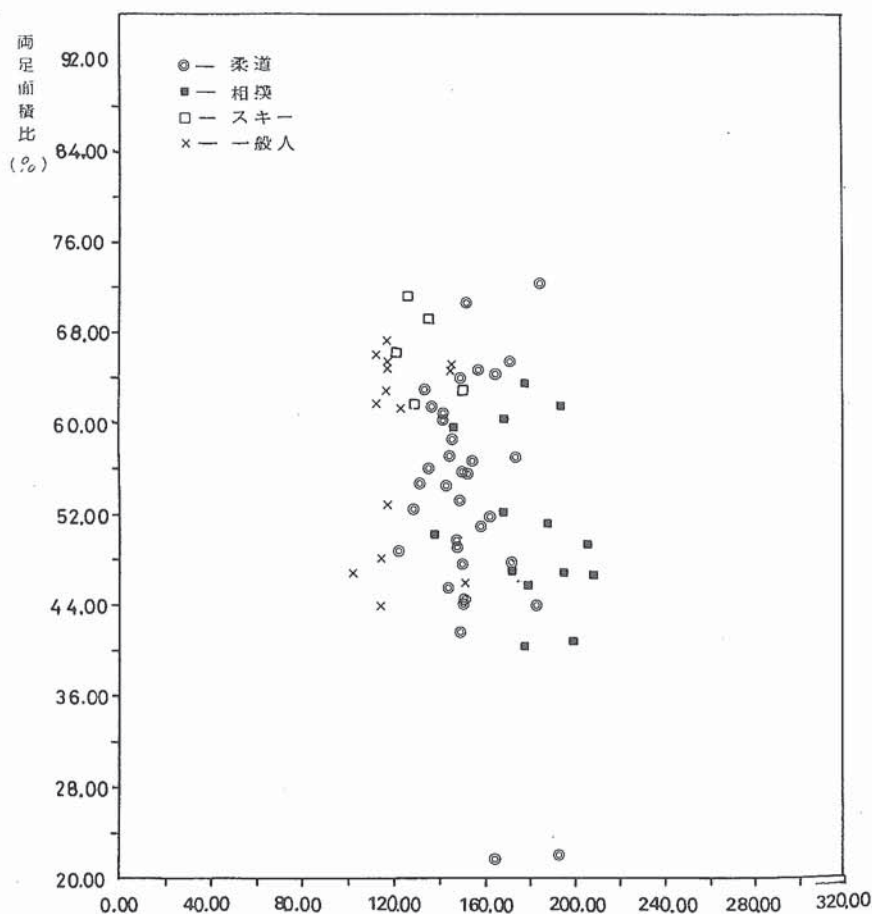


図13 両足面積比とローレル指数

Fig. 13 The relationship between the area of the soles of both feet and Rohrer's Index.

傾向はないと考えられる。また一般人の平均は全体の平均より両足面積比で約3%、全体面積比で約2%上回っているわけだが、第1節に述べたように、両足面積比や全体面積比は個人差がかなりあり、40%~80%の間に広く分布しているため、この3%や2%という値が意味のある数値であると考えより、一般人は平均的な安定能力を示したと考える方が適切であろう。次に野外活動部員の平均が、他のスポーツを行なう者や一般人の平均よりかなり高く、安定性が優れていることがわかった。今回の測定の被験者となった野外活動部員は全員スキーを得意とする者であるため、スキーが安定能力を高める上でなんらかの働きを行なう可能性があるといえよう。しかし、野外活動部員の測定人数が5人とかなり少ないため、有意な結果であるかどうかは疑問であり、はっきりしたことはいえない。次に柔道選手と職業力士の平均値は、いずれも全体の平均値より、それぞれ両足面積比では約2%と約4%、全体面積比では約1%と約2.5%下回っていたが、分布幅に比べ、それ程大きな差ではないと考えられる。しかし、一般人と比較した場合、特に職業力士は両足面積比で7%も下回っており、職業力士の安定性が一般人よりも劣る傾向がみられた。しかし、この程度の差でははっきりしたことはいえない。以上の結果をまとめてみると、柔

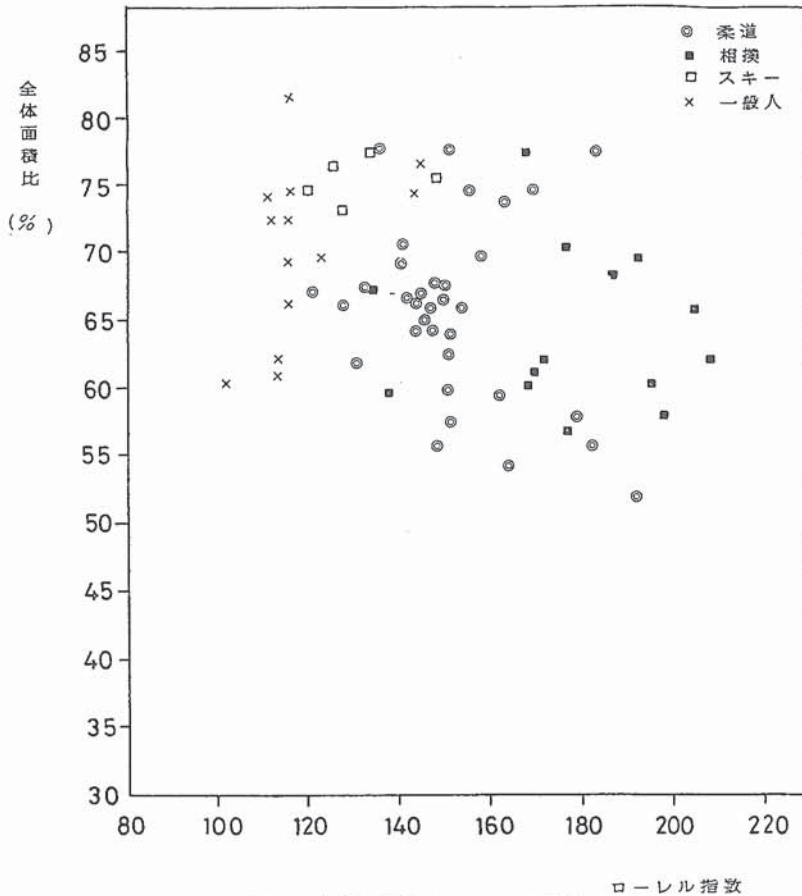


図14 全体面積比とローレル指数

Fig. 14 The relationship between the total area ratio and Rohrer's Index.

道選手、職業力士、一般人の安定性はおおざっぱにみて同水準であり、この三者の場合、運動は安定性にあまり影響していないということがわかった。またスキー選手の安定性がかなり高く、スキーが安定能力になんらかの影響を与えている可能性が考えられた。

4. 安定性の左右の偏り

図15は柔道部員だけを対象にして作成したグラフで、縦軸に右足側面積比、横軸に左足側面積比をとったものである。グラフ上の直線は、右足側面積比と左足側面積比が等しい地点を表わしている。従って、その直線の上側に記録された印は、左足側より右足側面積比が大きい者、すなわち右足側の方が左足側より安定性の高い者を表わし、反対にその直線の下側に記録された印は、右足側より左足側の面積比が大きい者、すなわち、左足側の方が右足側より安定性の高い者を表わすことになる。また図中で□印は柔道の組手が右組の者、●印は柔道の組

表1 面積比の平均値

Table 1 The mean values of the area ratio.

	AA	AF	AR	AL
柔道	65.48	53.29	52.36	53.58
相撲	64.14	50.92	53.76	46.53
スキー	75.39	66.41	65.08	67.95
一般人	68.86	57.56	55.66	59.40
平均	66.66	55.07	54.28	54.45

AA—全体面積比 (%)
 AF—両足面積比 (%)
 AR—右足側面積比 (%)
 AL—左足側面積比 (%)

表2 面積比別人数

Table 2 The number according to the area ratio of subjects.

両足面積比 (%)	柔道		相撲		スキー		一般人		全体	
	人数	割合 (%)	人数	割合 (%)	人数	割合 (%)	人数	割合 (%)	人数	割合 (%)
20以上25未満	2	5.72							2	2.90
25以上30未満										
30以上35未満										
35以上40未満										
40以上45未満	4	11.42	2	14.29			1	6.67	7	10.14
45以上50未満	6	17.14	5	35.71			4	26.67	15	21.74
50以上55未満	6	17.14	3	21.43			1	6.67	10	14.50
55以上60未満	7	20.00	1	7.14					8	11.58
60以上65未満	6	17.14	3	21.43	2	40.00	5	33.32	16	23.19
65以上70未満	2	5.72			3	60.00	4	26.67	9	13.05
70以上75未満	2	5.72							2	2.90

全体面積比 (%)	柔道		相撲		スキー		一般人		全体	
	人数	割合 (%)	人数	割合 (%)	人数	割合 (%)	人数	割合 (%)	人数	割合 (%)
50以上55未満	2	5.71							2	2.90
55以上60未満	6	17.14	3	21.43			1	6.70	10	14.49
60以上65未満	7	20.00	5	35.71			4	26.60	16	23.19
65以上70未満	13	37.15	5	35.71			3	20.00	21	30.44
70以上75未満	4	11.43			2	40.00	5	33.30	11	15.94
75以上80未満	3	8.57	1	7.15	3	60.00	1	6.70	8	11.59
80以上85未満							1	6.70	1	1.45

手が左組の者である。加えて、柔道における支持足（柔道の組手が右組の者は左足、左組の者は右足）と踏み切り足（走り高跳びや走り幅跳びで跳躍のとき踏み切る足）が異なる者は、□あるいは●のように表わした。この図によると、右組の者では、左足側の安定性が高い者が、右足側の安定性が高い者よりかなり多く、左組の者では、右足側の安定性の高い者が、左足側の安定性の高い者よりかなり多いことがわかる。すなわち、柔道選手は柔道における支持足側の安定性が、その反対側より優れている場合が多いということである。松本等の研究³⁾によると、柔道選手は両足立ちで組み合った場合、必ず右組の者は左足過重になることが報告されている。また柔道における支持足は片足立ちで技をかける場合の軸足とも一致する。従って柔道選手の支持足は、その反対の足に比べて安定性を要求される度合がかなり高いと考えられる。また支持足は地面に固定した状況で安定を保つ（静的安定）ように訓練されるのに対し、そうでない方は不安定になる前に足を踏み出すこと、いわばフットワークによって安定を保つ（動的安定）働きを担う傾向があ

るように思われる。以上のことと、支持足側の安定性が高い傾向を示すという結果とは何らかの関係があるのかも知れない。次に、図15によると、左組でありながら左足側の安定性の高い（上記の傾向に一致しない）者3人はいずれも支持足と踏み切り足が異なっているのがわかる。そこで、このことをヒントにして以下の考察をすすめてみた。表3は、組手、踏み切り足、及び安定能力が左右どちら側に偏向しているかという3つの要素の全ての組み合わせとその人数を示したものである。この表によると、支持足と踏み切り足、そして実際の安定能力の偏向方向が全て一致している者は、20名（全体の57.11%）と最も多く支持足と踏み切り足のどちらかが安定能力の偏向と一致している者が9名（全体の25.71%）で、次いでいる。また、支持足、踏み切り足共に安定能力の偏向方向と異なっている者は、5名（全体の14.28%）と最も少なかった。以上のことから、安定能力の左右偏向には支持足と踏み切り足の両因子が同時に影響している可能性が考えられた。

図・16は組み手を除外して踏み切り足で図・15を整理しなおしたものである。踏み切り足のほうがよい安定性をもっているという傾向がこの図ではよりよくわかる。

III. 結 論

本研究では、人体の静的な安定能力の特性を明らかにするために、その重心の床面への射影の最大移動領域を測定し、得られたデータをもとにして若干の考察を行なった。その結果、次のようなことが明らかになった。

- (1) 人体が静的条件下で安定して立っていることが可能な場合の重心の最大移動領域、つまり

生理的安定領域は、
物理的安定領域の内側にひと回り小さい形で存在する。従って、人間は物理的安定領域の全域で安定なわけではない。特に足指は全ての測定例について生理的安定領域の外側にあった。

- (2) 安定能力の指標と考えられるところの両足面積比と全体面積比は、個人差がかなり大きいですが、その範囲はほぼ決まっており、その範囲に割合平均的に分布している。
- (3) ローレル指数と安定能力の関係については、全体面積比に

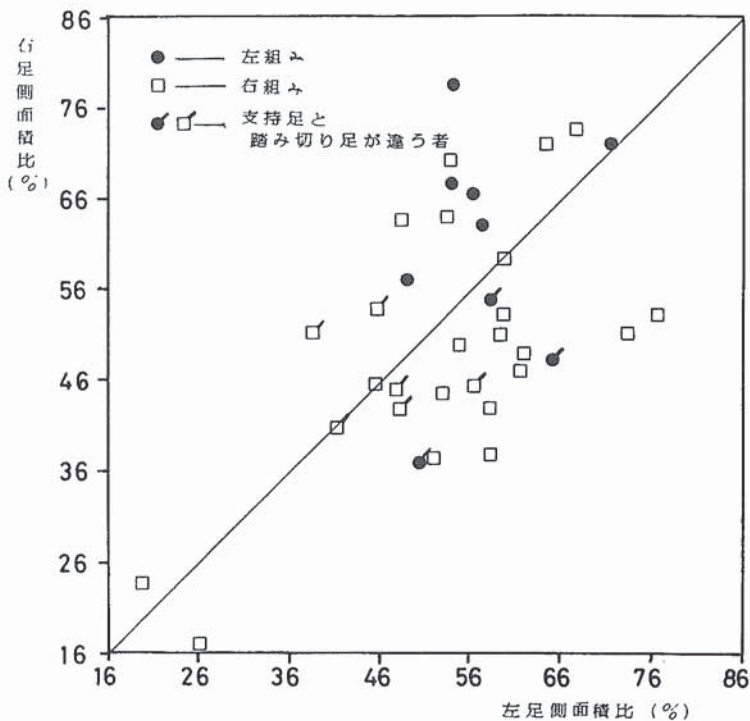


図15 柔道の組み手と左足側、右足側面積比

Fig. 15 The relationship between the *kumikata* of Judo and the area on the left and right side of foot ratio.

表3 柔道の組み手, 左右の安定性, 踏み切り足について

Table 3 The Kumikata of Judo, stability of right and left and take-off foot.

組み手	安定性が高い方の足	踏み切り足
右 (26) 支持足=左	右 (7)	右 (2)
		左 (5)
	左 (19)	右 (5)
		左 (14)
左 (9) 支持足=右	右 (6)	右 (5)
		左 (1)
	左 (3)	右 (0)
		左 (3)

() 内は人数

ついてのみ弱い相関関係が成立した。つまりローレル指数が高い者程, 安定能力が低くなるという傾向が得られた。

- (4) 両足面積比と全体面積比と運動との関係は, 柔道部員, 職業力士, 一般人については, その平均値がいずれも全体の平均値とほぼ一致しており, 運動経験の多少, 及び運動種目による安定性の優劣はなかった。野外活動部員(主にスキーを得意とする者)の平均値が全体の平均値よりかなり高く, スキーが安定性を高める上でなんらかの影響を与えている可能性が考えられた。
- (5) 物理的安定領域に対して生理的安定領域が左右どちらかに偏向している者が多数みられた。柔道部員だけを対象にして, この左右偏向の方向と柔道における組手(支持足)及び踏み切り足との関係を調べたところ, 支持足,

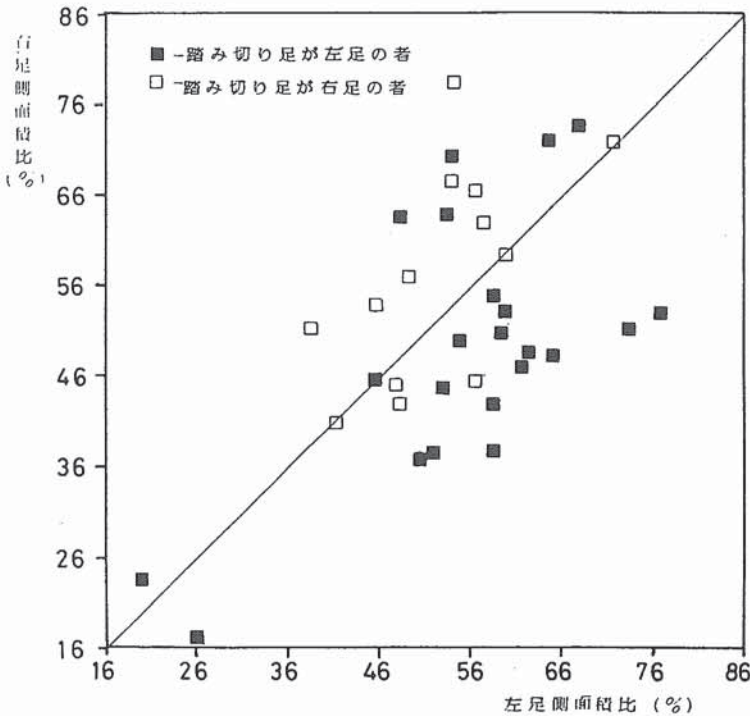


図16 踏み切り足と左足側, 右足側面積比

Fig. 16 The relationship between the take-off foot and the area on the left and right side of foot ratio.

踏み切り足, 及び偏向の方向が全て一致する者が最も多く, 次いで支持足, 踏み切り足のどちらかが偏向の方向と一致する者が多く, 支持足, 踏み切り足がどちらも偏向の方向と一致しない者は最も少なかった。

附表1 測定の結果

Attached table-1 Results of mesurments.

《柔道》 《NAME》	《H》	《W》	《R》	測定結果			
				AA	《AF》	《AR》	《AL》
OTA	175.00	73.00	136.20	77.30	61.35	70.40	53.41
KASEMOTO	173.00	78.00	150.60	59.78	44.50	51.34	38.56
TAJIMA	176.00	105.00	192.60	51.85	22.08	23.89	20.43
TANAKA	180.00	96.00	164.60	54.07	21.62	16.64	26.21
DEGUCHI	163.00	64.00	147.80	65.97	48.85	38.32	58.42
TODA	171.00	72.00	144.00	63.93	45.42	37.91	51.66
KIMURA	167.00	70.00	150.30	66.37	44.14	36.95	50.82
HIRAI	168.00	69.00	145.50	66.87	58.48	64.11	53.48
YOSHITAKA	168.50	71.00	148.40	67.77	53.19	57.08	49.25
OZAWA	161.00	61.00	146.20	64.93	59.61	66.72	56.20
NOGUCHI	178.00	88.00	156.00	74.32	65.64	72.48	64.49
SHIMAMOTO	178.00	104.00	184.40	77.43	72.11	72.42	71.83
HARAMAKI	170.00	71.00	144.50	66.15	57.09	48.31	65.33
SHIMOTAMARI	182.00	108.00	179.10	57.72	45.68	45.55	45.83
ITEYA	164.50	57.00	150.50	67.36	62.85	51.10	73.41
KASUGAI	176.20	100.00	182.80	55.91	43.88	45.33	47.71
SASASE	175.00	93.00	173.50	65.24	56.96	53.78	59.73
OGASAWARA	172.50	62.50	121.80	66.86	48.64	44.50	53.21
MUKAI	170.00	63.00	128.20	66.09	52.29	49.93	54.90
NISHIMURA	175.50	72.00	133.20	67.26	62.90	59.00	60.07
OSIMA	170.00	72.50	147.60	63.99	49.64	53.61	45.80
MIKAMI	184.10	82.00	131.40	61.38	54.62	46.96	61.51
MIYAZAKI	163.00	65.00	150.09	62.30	55.60	51.07	59.50
SAKASHITA	163.50	71.00	162.40	59.24	51.70	45.69	56.50
ARITSUNE	175.00	80.00	149.27	55.36	41.50	41.25	41.44
SANNOHE	178.00	85.00	150.72	57.52	45.94	43.19	48.25
HATADA	172.00	72.00	141.50	69.09	60.10	62.93	57.65
TAKAHASHI	173.00	74.00	142.90	66.41	54.39	63.77	48.38
TAKAHASI	173.00	82.00	158.37	39.73	50.77	42.81	58.43
KAWAUCHIYA	174.00	90.00	170.84	74.43	65.29	78.10	54.17
KUMAGAI	176.00	83.00	152.24	63.96	55.49	49.30	61.63
HIROSE	180.00	90.00	154.32	65.93	56.55	54.78	58.22
NAKAMURA	166.00	75.00	163.96	73.68	64.04	53.00	76.98
TAKEUCHI	183.00	93.00	151.70	77.21	70.49	73.44	67.80

H—身長 (cm) AA—全表面積比 (%)
 W—体重 (kg) AF—両足面積比 (%)
 R—ローレル指数 AR—右足側面積比 (%)
 AL—左足側面積比 (%)

《相撲》

《NAME》	《H》	《W》	《R》	AA	《AF》	《AR》	《AL》
TSUGARUFUJI	174.00	71.00	134.80	66.92	55.90	55.86	55.95
KYORYU	192.00	119.00	168.10	60.28	52.14	54.26	46.45
SASANUMA	190.00	118.00	172.00	62.18	46.94	48.78	42.64
NAGAI	176.00	112.00	205.40	65.69	49.32	52.97	46.04
SOGA	179.00	98.00	170.90	61.02	47.73	50.70	45.28
SHIMAKATA	178.00	110.00	195.00	60.06	46.79	58.72	36.45
FUKUE	171.00	104.00	208.00	62.12	46.54	47.09	46.08
MARUYAMA	172.00	70.00	137.60	59.80	50.09	55.51	50.00
NAKAYA	173.00	100.00	193.10	69.63	61.39	62.37	60.52
MURAI	178.00	100.00	177.30	56.59	40.36	38.97	41.59
SHIGETO	175.00	95.00	177.30	70.00	63.47	62.84	39.93
FUJIKAWA	174.00	99.00	187.90	68.22	51.08	55.19	47.27
TAMANOI	178.00	95.00	168.40	77.67	60.35	65.97	55.21
TOCHFUBUKI	187.00	130.00	198.80	57.73	40.84	43.35	38.08

《スキー》

《NAME》	《H》	《W》	《R》	AA	《AF》	《AR》	《AL》
HIRAOKA	173.00	70.00	135.20	77.46	69.14	67.07	71.27
ITO	170.00	59.00	120.90	74.59	66.19	65.37	67.00
KUNO	165.00	67.00	149.10	75.59	63.87	60.51	68.28
FURUYA	180.00	75.00	128.60	73.09	61.70	62.57	60.92
WADA	182.00	76.00	126.10	76.29	71.16	69.87	72.26

《一般人》

《NAME》	《H》	《W》	《R》	AA	《AF》	《AR》	《AL》
KADOWAKI	171.00	51.00	102.00	68.63	46.71	43.53	59.75
MANABE	170.00	57.00	116.00	76.40	62.76	70.23	56.68
ISOYAMA	166.70	57.00	123.00	81.63	61.22	62.64	58.54
KIKUTA	167.10	70.00	150.00	74.14	47.44	42.94	51.62
HAMAZAKI	181.00	69.00	116.40	62.05	64.83	65.77	63.99
SAKAI	172.50	60.00	116.90	60.72	52.76	53.70	51.72
YOSHIKAWA	156.00	55.00	144.90	62.05	65.06	64.61	65.52
SHIMADA	171.10	58.30	116.40	60.93	67.14	60.42	62.87
KATADA	167.60	52.60	111.70	62.38	61.67	60.12	63.39
MATSUSHIMA	168.00	60.00	123.21	74.35	46.20	48.17	44.37
NAKATA	169.80	55.60	113.57	72.29	43.92	41.58	45.91
KURITA	170.00	56.00	113.98	66.06	48.03	43.31	52.40
YOSHIDA	175.00	62.50	116.62	69.73	65.19	57.79	73.32
NAGASAKA	58.00	57.00	144.51	57.14	64.54	57.83	71.10
NISHIKIO	171.00	56.00	112.00	74.39	65.91	62.34	69.60

参考文献

- 1) 松本芳三, 浅見高明: 写真と図解による柔道, 大修館書店, 1966.
- 2) 松本芳三: 柔道のコーチング, 大修館書店, 1975.
- 3) 松本芳三, 柳田利昭, 佐藤安忠, 浅見高明: 体重配分から見た柔道技術の研究, 講道館柔道科学研究会紀要2, 39—43, 1963.
- 4) 松本芳三, 竹内善徳, 中村良三: 柔道技術における崩しの分析, 東京教育大学体育学部紀要12, 81—92, 1973.
- 5) 平沢彌一郎: ヒトの軀立ちと重心図, 姿勢シンポジウム論文集, 姿勢研究所, 1970.
- 6) 田中秀幸: 柔道の投げ技について(5); (6), 静岡大学教養学部研究報告9, 77—106; 129—156, 1974.