

動作と両腕、両脚の発揮力からみた払腰の研究

藪 根 敏 和

A Study of Haraigoshi from the Viewpoint of the Motion and the Forces Exerted by Arms and Legs

Toshikazu YABUNE

Received, September 30, 1994

抄録： この研究は、引き手、釣り手の牽引力、作用脚（蹴り脚）の発揮力、軸脚（支持脚）の床反力と両肘、両膝の関節角度から払腰の有効な動作を探ることである。被験者として払腰に関する熟練者（179cm, 95kg, 23歳）と未熟練者（170cm, 86kg, 18歳）が当たった。彼らは、払腰の崩しと投げの動作を右足前回りさばきで行った。

崩しの動作の結果は以下の通りであった。

1. 熟練者は、未熟練者よりも引き手、釣り手の牽引力ピーク値が大きく、出力開始からピークまでの時間が短かった。
2. 熟練者は、未熟練者よりも両腕による左、上、前方の牽引力が大きかった。
3. 熟練者は、未熟練者よりも釣り手の肘関節の屈曲がおおきく、大きな角速度を示した。また、引き手の肘関節の屈曲が小さかった。
4. フォースプラットフォームに軸脚を踏み込んだ時、熟練者は、未熟練者よりも左、下後方の床反力が大きかった。

掛け（投げ）の動作の結果は以下の通りであった。

1. 作用脚で測定装置を払った（蹴った）時、熟練者は、未熟練者よりも引き手の牽引力が大きく、両手による前方の牽引力が大きかった。
2. 熟練者は、未熟練者よりも作用脚の衝撃力が大きかった。
3. 熟練者は、未熟練者よりも作用脚の膝関節の屈曲が大きく、大きな角速度を示した。また、軸脚の膝関節の屈曲も大きかった。
4. 作用脚で測定装置を払った時、熟練者は、未熟練者よりも軸脚の屈曲が大きく、下方向の床反力が大きかった。

索引語： 払腰，動作，力

Abstract: This study examines the effective motion of *Haraigoshi* from the viewpoint of the

force exerted by *hikite* (pulling hand) and *tsurite* (lifting hand), the force exerted by kicking leg and supporting foot, and the angle of the elbows and knees. Volunteer subjects were well-trained judo player (179cm, 95kg, 23years) and untrained judo player (170cm, 86kg, 18years) for *Haraigosi*. They performed the motion of *Kuzushi* (disturbing balance) and throwing for *Haraigoshi* by round *Sabaki* (body turning) of the right foot.

The results for motion of *Kuzusi* were as follows:

1. Well-trained judo player showed larger peak values of forces of *hikite* and *tsurite*, and shorter times from the beginning to the peak of force than those of untrained judo player.
2. Well-trained judo player showed larger leftside, upside and front forces of both arms than those of untrained judo player.
3. Well-trained judo player showed larger bending and angular velocities of the elbow of *tsurite* and smaller bending of the elbow of *hikite* than those of untrained judo player.
4. When their supporting foot was in contact with the force platform, well-trained judo player showed the leftside, underside and rear forces of the supporting foot than those of untrained judo player.

The results for motion of throwing were as follows:

1. When they kicking the contrivance for measurement by their kicking leg, well-trained judo player showed larger forces of *hikite* and the front forces of both arms than those of untrained judo player.
2. Well-trained judo player showed larger impulsive forces of the kicking leg than those of untrained judo player.
3. Well-trained judo player showed larger bending and angular velocities of the knee of the kicking leg and larger bending of the knee of the supporting leg than those of untrained judo player.
4. When they kicked the contrivance for measurement by their kicking leg, well-trained judo player showed larger bending of the knee of the supporting leg, and larger underside forces of the supporting foot than those of untrained judo player.

Key Words: Haraigoshi, Motion, Force

I 目的

払腰は、浮腰を基にして考案された技¹⁾といわれ、身体を前回り、あるいは後ろ回り捌きで回転させつつ、両手で受（被施技者）を牽引し、作用脚（払い脚）で受の脚を払い上げて投げるところに特徴がある。醍醐²⁾は、この技を「偶力としてこの作用をいっしょにして働かせて投げる技である。」と解説している。払腰は、試合でよく用いられる技の一つであるが、その動作を分析した研究³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾は、大外刈や背負投に比較して少ないのが現状である。

菅波ら⁷⁾は、払腰の動作中の回転頭位を測定し、熟練者の場合、「体さばき」完了時までは肩及び腰部が頭部に先行して回転し、「体さばき」後から「掛け」に至るまでの局面においては、頭部が肩及び腰部に先行して回転することを報告している。また、藪根ら⁸⁾は、払腰動作中の引

き手、釣り手の牽引力を測定し、牽引力のピーク値は、引き手の方が大きいこと、引き手、釣り手の牽引力のピークは、取の軸脚着床から受の両脚離床までの局面で出現することを報告している。前者は、施技動作そのものを総合して分析した研究であり、後者は、施技動作によって発揮された力を分析した研究であるが、有効な施技動作を検討するためには、動作とそれによって発揮された力を分析することが必要と考えられる。また、作用脚の動作については、「受の膝頭下からすり上げて払う。」、「伸ばして前に出し、外後ろももにて受の前ももを払い上げる。」、「膝、足首をよく伸ばし、受の足首から上に、すり上げるようにひねりながら、払い上げる。」、「下からすくい上げるようにして払い上げる。」、軸脚（支持脚）の動作については、「少し曲げて弾力をもたせ、払い上げと同時に伸ばす。」などの解説が技術指導書¹⁾²⁾⁵⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾にみられるのみで、下肢の動作についての客観的な分析はおこなわれていない。

そこで本研究では、払腰の「崩し」、「掛け」における熟練者と未熟練者の上肢、下肢動作（肘、並びに膝関節角度）と発揮力（引き手、釣り手の牽引力、作用脚の力のモーメントと衝撃力、並びに作用脚、軸脚の床反力）を測定し、両者の関連を分析することにより、有効な施技動作を探ることを目的とした。

Ⅱ 方法

1 施技方法

払腰を得意技とする右組の熟練者（179cm, 95kg, 4段, 23歳）と未熟練者（170cm, 86kg, 1級, 18歳）が、測定装置に対して払腰の崩しの動作（前回りさばきを用いて、軸足を踏み込んだ瞬間まで）と作用脚で払うまでの動作を5回ずつ行った。

2 測定方法

a-1 引き手、釣り手の牽引力

引き手、釣り手の牽引力を測定するために、鉄製リング（外径40mm, 内径30mm）の一端を水平に削り、ストレインゲージを貼付した2個の測定器を作製した。また、2個の鉄製リングには、施技時に加えられる力の方向を一定にするために、両端にナット（外径10mm, 内径5mm）を溶接した。リングの片側のナットを15cmの間隔をおいて直径7mmの鉄棒に取り付け、その鉄棒の中央部分を直径5cm, 高さ135cmの鉄柱に熟練者の腋窩の高さ（133cm）で固定した。反対側のナットには、ビニール製の持ち手を取り付けた長さ50cmのワイヤーを取り付け、これを引き手、釣り手とした。未熟練者の施技では、鉄棒の固定部分が腋窩の高さになるように足下に台を置いた。すべての施技は、1/60秒タイマー付きの2台のビデオカメラで側方、後方から同時に録画（距離：3.4m, 高さ：被験者の腋窩高）した。両手牽引時のストレインゲージの歪変化を動歪測定器に導き、データレコーダーに記録した後、A/D変換してパーソナルコンピュータに取り込み、崩しの動作における牽引力のピーク値と力積、作用脚の衝撃力のピーク出現時の牽引力を求めるとともに、ビデオテープに同時に録画された側方、後方のワイヤーの牽引方向（リングと鉄棒の接続部分を基準点とする）から、それらの x （施技者側からみて基準点の左方向）、 $-x$ （基準点の右方向）、 y （基準点の前方向）、 $-y$ （基準点の後ろ方向）、 z （基準点の上方向）、 $-z$ （基準点の下方向）方向の成分ベクトル量を求めた。以上、牽引力測定装置の概略を図1に示した。

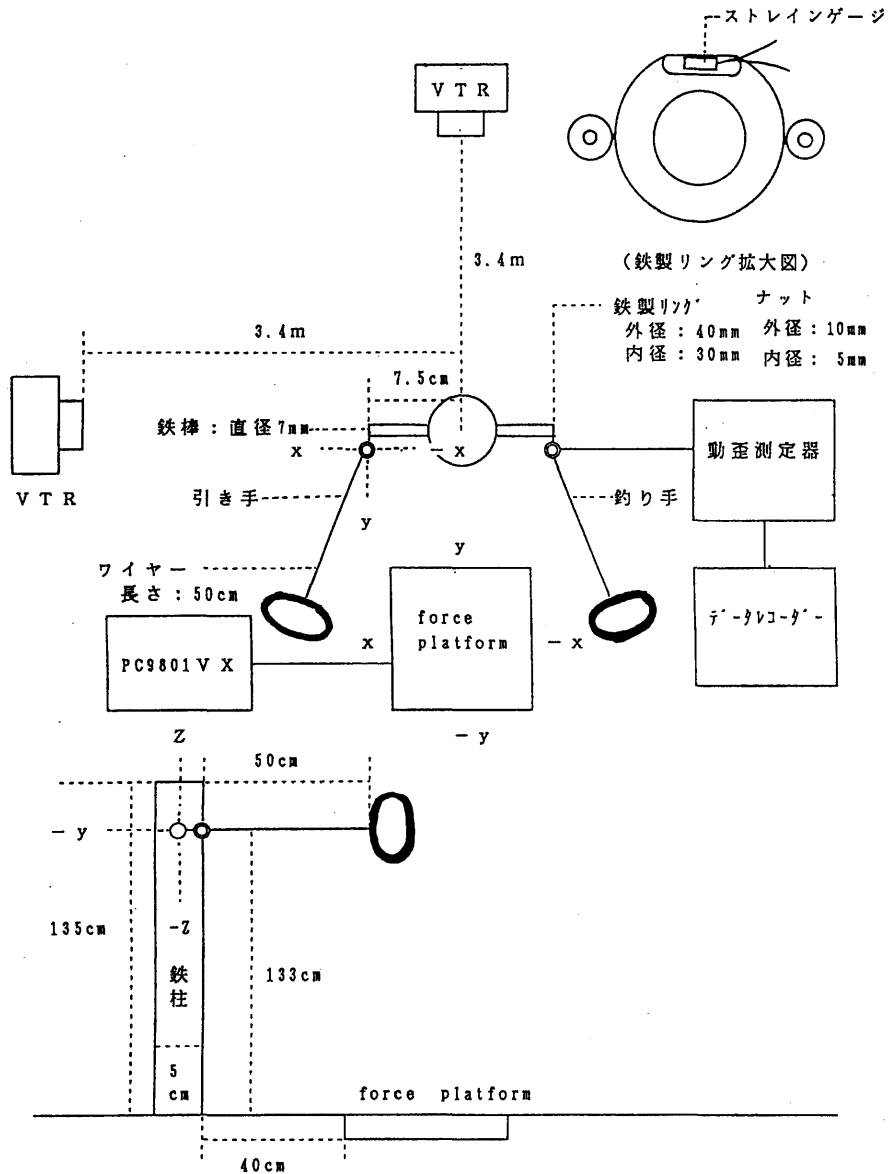


図1 牽引力測定装置

a-2 測定装置の較正方法

リングの一端を固定して、もう一方にワイヤーを接続し、ロードセルを介して牽引し、同時にリングに貼付されたストレインゲージの歪波形をデータレコーダーに記録して、それぞれの牽引(最高80kg)でストレインゲージ貼付位置に加わった力と歪波高が直線的に変化($r=0.99$)し

c 作用脚，軸脚の床反力

牽引力測定装置，及び作用脚の衝撃力測定装置を固定した鉄柱から40cm離れた位置に force platform を埋め込み，被験者が作用脚，軸脚を踏み込んだ瞬間から2秒間の出力を A/D 変換した後，パーソナルコンピューターに取り込んで，作用脚を踏み込んだ時，軸脚を踏み込んだ時，作用脚で測定装置を払った時の x （測定装置側からみて右方向）， $-x$ （左方向）， y （後ろ方向）， $-y$ （前方向）， z （下方向）の床反力を求めた。

d 肘，膝関節角度

施技時の肘関節，膝関節の屈曲角度を測定するために，施技者（被験者）の両肘，両膝関節にゴニオメーターを取り付けた。ゴニオメーターは肘，膝関節をまっすぐに伸ばした位置を0度とした。尚，以下で示す肘関節，膝関節角度とは，ゴニオメーターの0度位置を基準とする屈曲角度であり，肘，膝関節そのものの屈曲角度ではない。データはすべて A/D 変換した後，パーソナルコンピューターに取り込んで，崩しの動作における引き手，釣り手の肘関節の最大角度，角速度のピーク値，角速度のピーク出現時の角度と作用脚，軸脚を踏み込んだ時の膝関節角度，払い動作における作用脚，軸脚の膝関節の最大角度と作用脚の角速度のピーク値，測定装置を払った時の作用脚，軸脚の膝関節角度を求めた。

e 払い動作における作用脚の速度

施技時の側方から撮影したビデオテープをもとに，動作解析プログラムを用いて払い動作開始から測定装置を払う瞬間までの作用脚の足関節座標を1コマ毎にとらえ，その間の速度を求めた。

以上，a，b，cの測定により得られた結果については，それぞれの実測値を被験者の体重に対する相対値（kg/BW）として表し，熟練者，未熟練者の平均値の差の有意性をみるために t 検定をおこなった。尚，以下で示す牽引力の方向は，施技者側からみた方向（基準点は，鉄製リングと鉄棒の接続部分），床反力の方向は測定装置からみた方向とする。

Ⅲ 結果

1 崩しの動作における牽引力

図3は，崩しの動作における釣り手，引き手牽引力の一例を示したものである。釣り手（熟練者： $0.13 \pm 0.02 \text{ kg/BW}$ ，未熟練者： $0.11 \pm 0.04 \text{ kg/BW}$ ），引き手（熟練者： $0.23 \pm 0.06 \text{ kg/BW}$ ，未熟練者： $0.13 \pm 0.02 \text{ kg/BW}$ ）の牽引力ピーク値は，熟練者がいずれも有意に大きい値（釣り手： $p < 0.05$ ，引き手： $p < 0.01$ ）を示した。また，釣り手の力積（熟練者： $0.02 \pm 0.01 \text{ kg/BW}$ ，未熟練者： $0.03 \pm 0.02 \text{ kg/BW}$ ）は，未熟練者が有意に大きい値（ $p < 0.05$ ）を示した。出力開始からピークに至るまでの時間は，釣り手（熟練者： $0.10 \pm 0.02 \text{ sec}$ ，未熟練者： $0.64 \pm 0.23 \text{ sec}$ ），引き手（熟練者： $0.09 \pm 0.04 \text{ sec}$ ，未熟練者： $0.61 \pm 0.27 \text{ sec}$ ）ともに熟練者が有意に短い値（ $p < 0.01$ ）を示した。

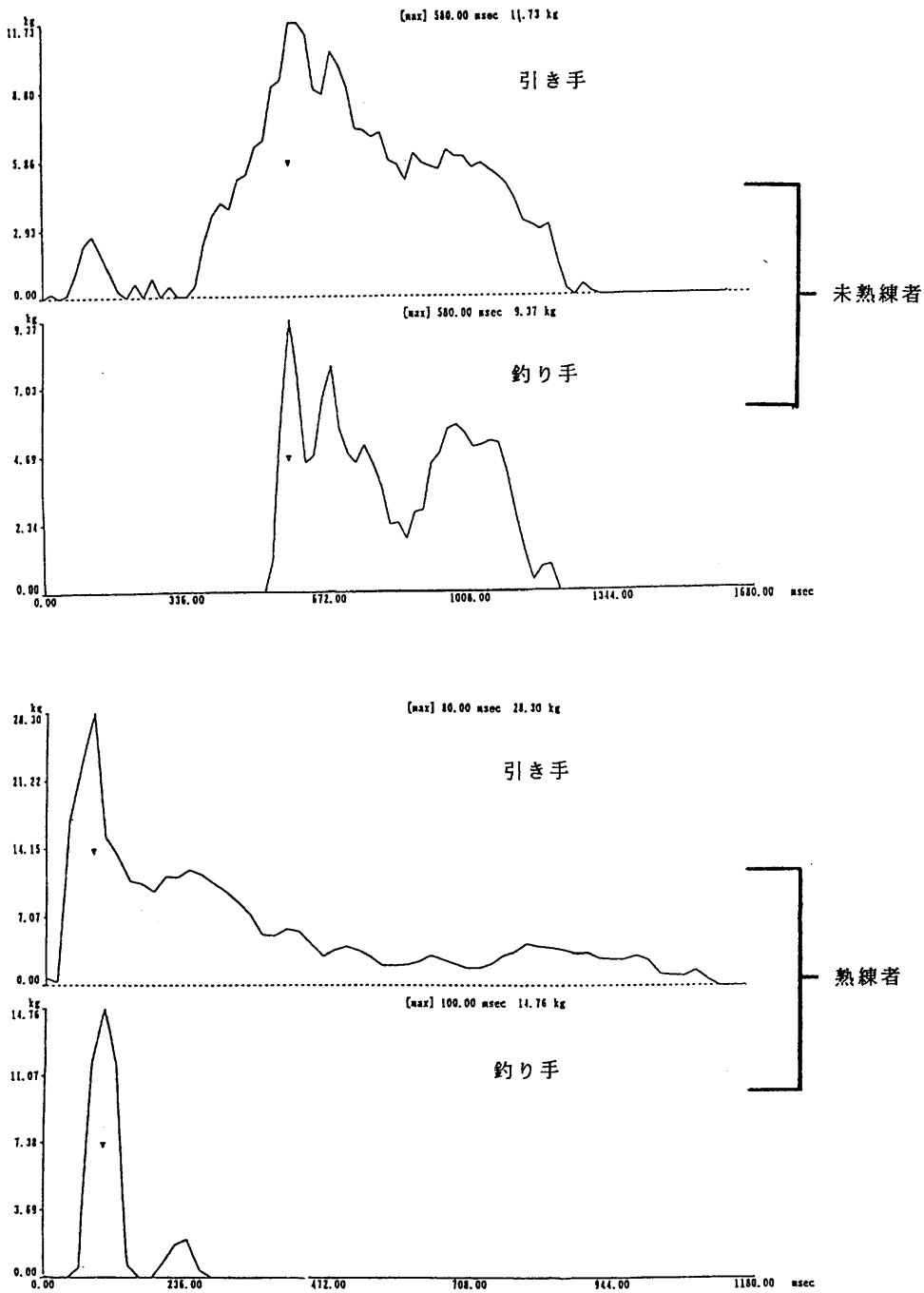


図3 崩しの動作における牽引力

2 崩しの動作における牽引力のベクトル量

図4は、崩しの動作における釣り手、引き手の牽引力ピーク値の合成ベクトル量の一例を示したものである。釣り手については、左（熟練者： $0.04 \pm 0.02 \text{ kg/BW}$ ，未熟練者： $0.01 \pm 0.02 \text{ kg/BW}$ ），上方向（熟練者： $0.08 \pm 0.01 \text{ kg/BW}$ ，未熟練者： $0.06 \pm 0.02 \text{ kg/BW}$ ）の成分ベクトル量に有意差があり，いずれも熟練者が大きい値（ $p < 0.05$ ）を示した。引き手については，左（熟練者： $0.12 \pm 0.05 \text{ kg/BW}$ ，未熟練者： $0.01 \pm 0.01 \text{ kg/BW}$ ），前（熟練者： $0.18 \pm 0.04 \text{ kg/BW}$ ，未熟練者： $0.13 \pm 0.02 \text{ kg/BW}$ ），上方向（熟練者： $0.06 \pm 0.02 \text{ kg/BW}$ ，未熟練者： $0.02 \pm 0.01 \text{ kg/BW}$ ）すべての成分ベクトル量に有意差があり，いずれも熟練者が大きい値（左方向： $p < 0.01$ ，前，上方向： $p < 0.05$ ）を示した。

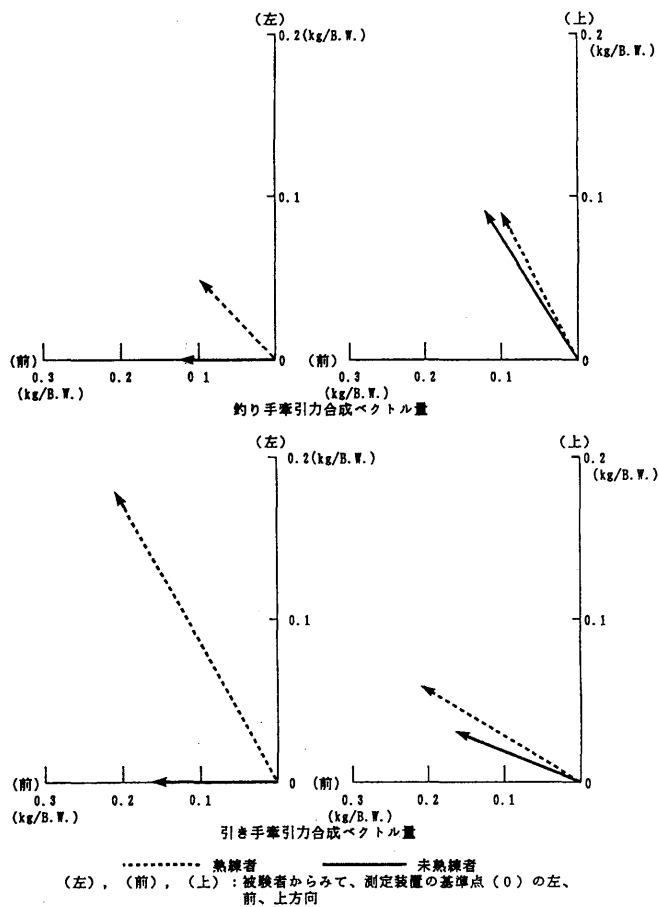


図4 崩しの動作における釣り手、引き手の牽引力合成ベクトル量

3 崩しの動作における肘関節角度，角速度

図5は、崩しの動作における釣り手、引き手の肘関節角度と角速度の一例を示したものである。図内のなめらかな曲線が角度を示している。崩しの動作における釣り手の肘関節の動きは、関節

をまっすぐに伸ばした構えから屈曲のみを示したが、引き手の肘関節の動きは、構えから屈曲し、その後伸展していた。そこで、引き手の肘関節角度については屈曲時の最大角度を角度1、その時の角速度のピーク値を角速度1、伸展時の最大角度を角度2、その時の角速度のピーク値を角速度2として分析した。

釣り手については、最大角度（熟練者： $97.03 \pm 1.50^\circ$ ，未熟練者： $82.31 \pm 4.30^\circ$ ），角速度のピーク値（熟練者： $5.42 \pm 0.87 \text{ rad/S}$ ，未熟練者： $4.44 \pm 0.22 \text{ rad/S}$ ）に有意差がみられ、ともに熟練者が大きい値（最大角度： $p < 0.01$ ，角速度ピーク値： $p < 0.05$ ）を示した。引き手については、角度1（熟練者： $49.57 \pm 7.96^\circ$ ，未熟練者： $86.43 \pm 3.93^\circ$ ），2（熟練者： $32.70 \pm 6.42^\circ$ ，未熟練者： $81.93 \pm 5.20^\circ$ ）ともに熟練者が有意に小さい値（ $p < 0.01$ ）を示した。また、角速度1（熟練者： $3.53 \pm 0.44 \text{ rad/S}$ ，未熟練者： $4.46 \pm 0.95 \text{ rad/S}$ ）とその出現時の角度（熟練

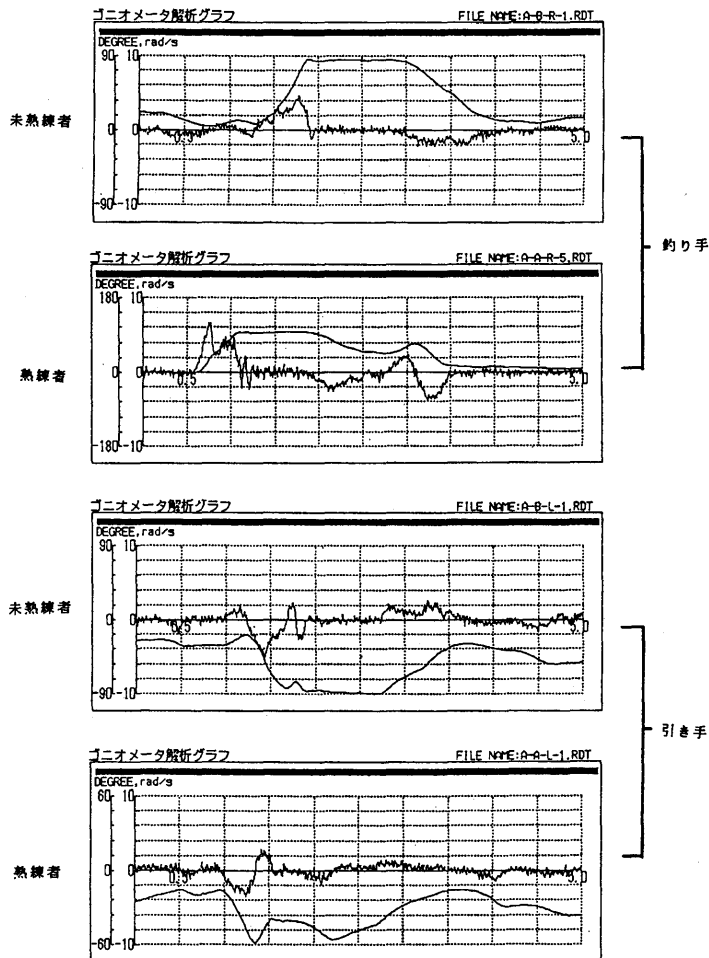


図5 崩しの動作における肘関節角度，角速度

者： $36.68 \pm 5.94^\circ$ ，未熟練者： $61.17 \pm 11.01^\circ$ ）についても熟練者が有意に小さい値（角速度 1： $p < 0.05$ ，角速度 1 出現時の角度： $p < 0.01$ ）を示した。角速度 2（熟練者： $2.61 \pm 0.45 \text{ rad/S}$ ，未熟練者： $1.45 \pm 0.48 \text{ rad/S}$ ）については，熟練者が有意に大きく（ $p < 0.01$ ），角速度 2 出現時の角度（熟練者： $41.35 \pm 7.10^\circ$ ，未熟練者： $83.08 \pm 4.70^\circ$ ）は熟練者が有意に小さい値（ $P < 0.01$ ）を示した。

4 払い動作における作用脚の衝撃力ピーク出現時の牽引力と，作用脚の衝撃力，力のモーメント

図 6 は，作用脚で測定装置を払った時の釣り手，引き手の牽引力と，作用脚の衝撃力の一例を示したものである。まず牽引力についてみると，熟練者，未熟練者の間に有意差がみられたのは引き手側（熟練者： $0.26 \pm 0.04 \text{ kg/BW}$ ，未熟練者： $0.16 \pm 0.05 \text{ kg/BW}$ ）のみで，熟練者が大きい値（ $p < 0.05$ ）を示した。また，作用脚の衝撃力のピークから釣り手の牽引力のピークまでの時間（熟練者： $0.06 \pm 0.05 \text{ sec}$ ，未熟練者： $0.60 \pm 0.30 \text{ sec}$ ）は，熟練者が有意に短い値（ $p < 0.01$ ）を示した。

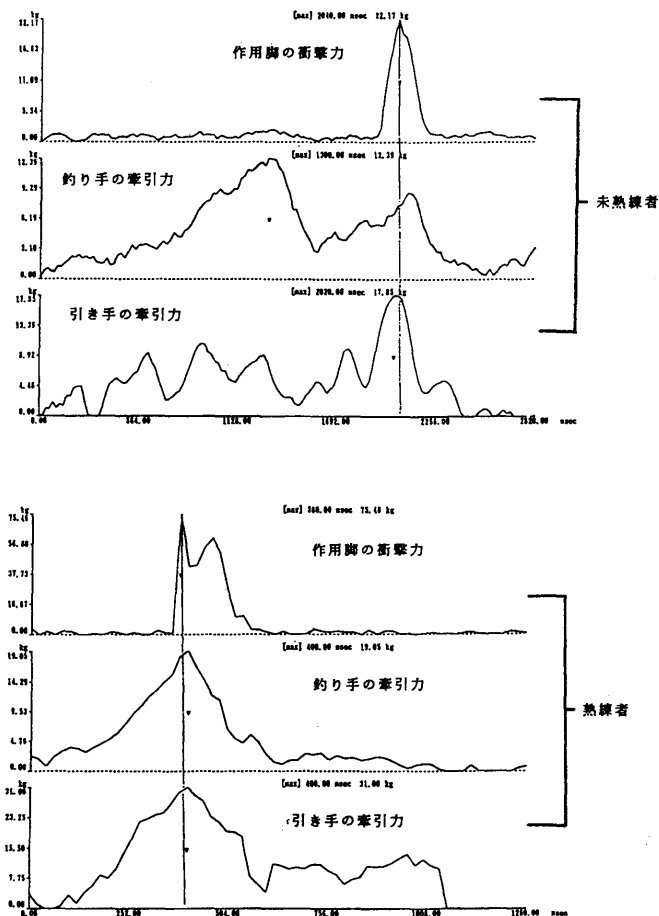


図 6 作用脚の衝撃力と牽引力

作用脚の衝撃力（熟練者： $0.08 \pm 0.01 \text{ kg/BW}$ ，未熟練者： $0.05 \pm 0.02 \text{ kg/BW}$ ），並びにそのピーク値（熟練者： $0.86 \pm 0.16 \text{ kg/BW}$ ，未熟練者： $0.29 \pm 0.09 \text{ kg/BW}$ ）については，いずれも熟練者が有意に大きい値（ $p < 0.01$ ）を示した。測定装置の丸太の支点から作用脚の接触位置までの長さは，熟練者が $82.60 \pm 1.39 \text{ cm}$ ，未熟練者が $84.00 \pm 6.20 \text{ cm}$ であった。この長さについては有意差がなかったが，力のモーメント（熟練者： $0.71 \pm 0.12 \text{ kgm}$ ，未熟練者： $0.24 \pm 0.07 \text{ kgm}$ ）については熟練者が有意に大きい値（ $p < 0.01$ ）を示した。

5 払い動作における釣り手，引き手の牽引力のベクトル量

図7は，作用脚で測定装置を払った時の釣り手，引き手の牽引力の合成ベクトル量の一例を示したものである。熟練者，未熟練者の間に有意差がみられたのは引き手側のみで，前方向の成分ベクトル量（熟練者： $0.25 \pm 0.04 \text{ kg/BW}$ ，未熟練者： $0.16 \pm 0.05 \text{ kg/BW}$ ）については熟練者が有意に大きく（ $p < 0.05$ ），左（熟練者： $-0.04 \pm 0.06 \text{ kg/BW}$ ，未熟練者： $0.04 \pm 0.01 \text{ kg/BW}$ ），上方向の成分ベクトル量（熟練者： $-0.04 \pm 0.02 \text{ kg/BW}$ ，未熟練者： $-0.01 \pm 0.01 \text{ kg/BW}$ ）については未熟練者が有意に大きい値（左方向： $p < 0.05$ ，上方向： $p < 0.01$ ）を示した。

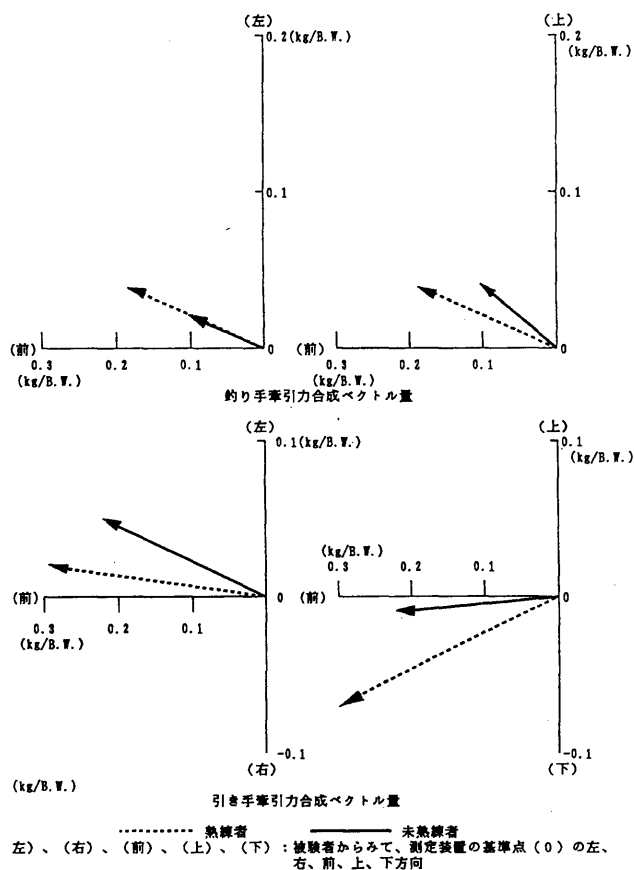


図7 作用脚を払った時の釣り手，引き手の牽引力合成ベクトル量

6 払い動作における膝関節角度, 角速度, 及び作用脚の速度

図8は, 払い動作における作用脚, 軸脚の膝関節角度, 角速度の一例を示したものである。図内のなめらかな曲線が角度を示している。作用脚の膝関節角度については, 踏み込んだ時の角度 (熟練者: $17.02 \pm 9.25^\circ$, 未熟練者: $6.48 \pm 4.51^\circ$), 払い動作における最大角度 (熟練者: $54.39 \pm 13.36^\circ$, 未熟練者: $14.93 \pm 4.13^\circ$), 角速度のピーク値 (熟練者: $3.32 \pm 6.38 \text{ rad/S}$, 未熟練者: $1.91 \pm 1.25 \text{ rad/S}$), 以上すべてに熟練者が有意に大きい値 (踏み込んだ時の角度: $p < 0.05$, 最大角度: $p < 0.01$, 角速度ピーク値: $p < 0.05$) を示した。また, 測定装置を払った時の角度 (熟練者: $23.57 \pm 10.59^\circ$, 未熟練者: $8.93 \pm 3.05^\circ$) も熟練者が有意に大きい値 ($p < 0.05$) を示したが, 払い動作における最大角度と測定装置を払った時の角度差 (熟練者: $30.82 \pm 11.27^\circ$, 未熟練者: $6.00 \pm 2.77^\circ$) についても熟練者が有意に大きい値 ($p < 0.01$) を示した。軸脚では, 踏み込んだ時から作用脚で測定装置を払うまでの間の最大角度 (熟練者:

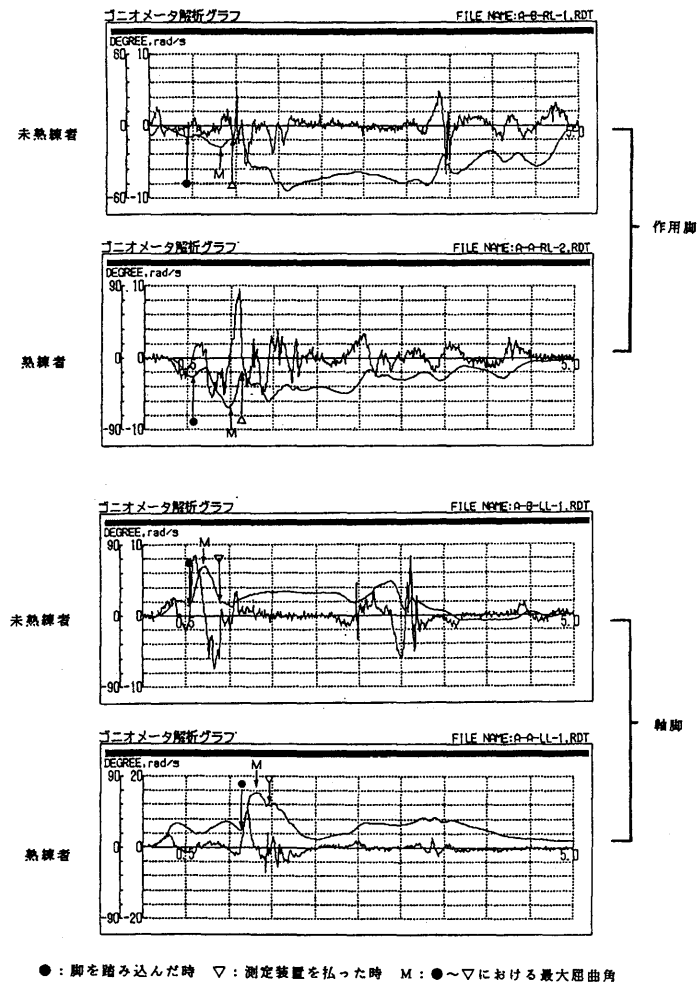


図8 払い動作における膝関節角度, 角速度

74.22±5.12°，未熟練者：59.64±7.12°），作用脚で測定装置を払った時の角度（熟練者：52.29±2.60°，未熟練者：22.55±9.02°）について熟練者が有意に大きい値（最大角度： $p < 0.05$ ，測定装置を払った時の角度： $p < 0.01$ ）を示した。

払い動作における足関節の最高速度（熟練者：4.22±0.95m/S，未熟練者：1.87±0.23m/S）は，熟練者が有意に大きい値（ $p < 0.01$ ）を示した。

7 作用脚，軸脚の床反力

図9は，作用脚，軸脚の床反力の一例を示したものである。作用脚を踏み込んだ時の床反力については，下方向（熟練者：2.02±0.22kg/BW，未熟練者：2.55±0.47kg/BW）にのみ有意差があり，熟練者が小さい値（ $p < 0.05$ ）を示した。軸脚を踏み込んだ時の床反力については，左（熟練者：0.15±0.02kg/BW，未熟練者：0.07±0.01kg/BW），後ろ（熟練者：0.16±0.05kg/BW，未熟練者：0.05±0.02kg/BW），下方向（熟練者：1.62±0.16kg/BW，未熟練者：1.05±0.13kg/BW）すべてに熟練者が有意に大きい値（ $p < 0.01$ ）を示した。作用脚で測定装置を払っ

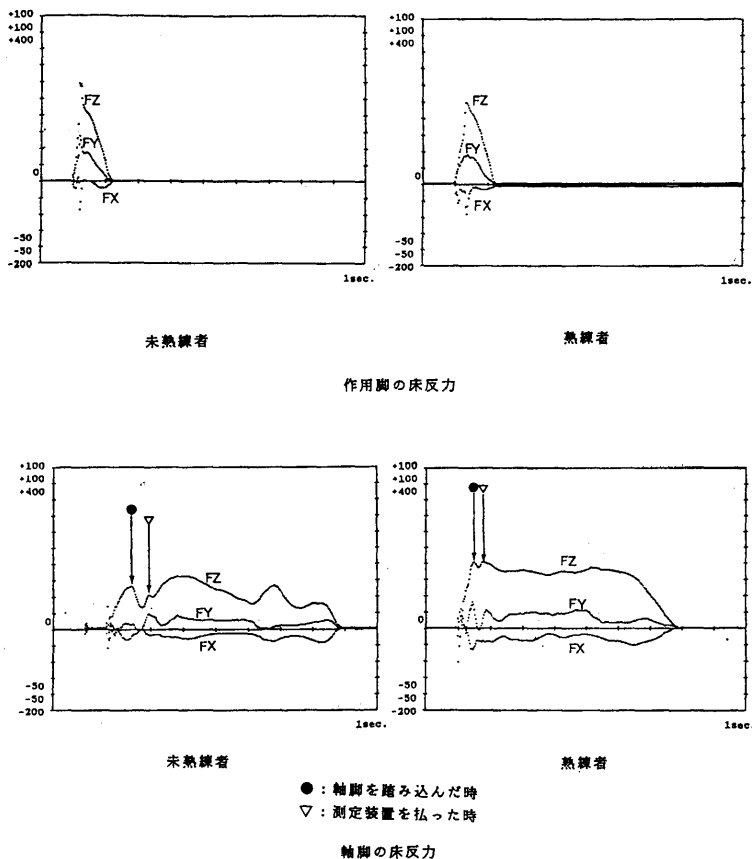


図9 作用脚，軸脚の床反力

た時の床反力については、下方向（熟練者： $1.59 \pm 0.20 \text{ kg/BW}$ ，未熟練者： $1.12 \pm 0.03 \text{ kg/BW}$ ）にのみ有意差があり，熟練者が有意に大きい値（ $p < 0.01$ ）を示した。

Ⅳ 考察

払腰は、釣り手、引き手で受を牽引しつつ、作用脚で受の脚を払って投げる技である。従って、受に直接影響を及ぼすのは取（施技者）の牽引力と作用脚により発揮される力となる。これらの力の大きさは、取の筋力と施技動作によって異なることが推察できる。本研究では施技者の筋力測定は行っていないが、崩しの動作における釣り手、引き手の牽引力のピーク値、並びに測定装置を払った時の作用脚の衝撃力、力のモーメントは、実測値に限らず、体重に対する相対値でも熟練者が大きな値を示した。熟練者は'93年度全日本学生体重別選手権-95kg級でベスト8に入賞しており、払腰は彼の得意技の一つである。未熟練者は払腰を得意技として乱取や試合で用いるが、一本を取るまでには至らない。このようなことから、払腰の有効な施技動作とは、釣り手、引き手の牽引力と払い動作による作用脚の発揮力（衝撃力、力のモーメント）を増大させるような動作であると言えよう。そこで、以下では各測定項目間の関連結果を加えて、崩しと掛け（作用脚で測定装置を払った時）の場面における有効な施技動作を考察することとする。

1 崩し

釣り手、引き手の牽引力のピーク値と力積の間には、いずれも有意な相関（ $n=10$ ）はなかった。また、出力開始からピークに至るまでの時間は、釣り手、引き手ともに熟練者が短い値を示した。これらの結果から、崩しの動作における釣り手、引き手の牽引はそのピークに達するまでの時間をできるだけ短くして、力積ではなくピークを高めるような方法（動作）で行う必要があるといえる。牽引力のピーク値の成分ベクトル量は、釣り手では施技者からみて左、上方向が、引き手では左、前、上方向すべて熟練者が大きい値を示した。さらに釣り手、引き手のベクトル量を合わせると、左（熟練者： $0.15 \pm 0.06 \text{ kg/BW}$ ，未熟練者： $0.02 \pm 0.02 \text{ kg/BW}$ ），前（熟練者： $0.28 \pm 0.04 \text{ kg/BW}$ ，未熟練者： $0.21 \pm 0.04 \text{ kg/BW}$ ），上方向（熟練者： $0.14 \pm 0.02 \text{ kg/BW}$ ，未熟練者： $0.08 \pm 0.03 \text{ kg/BW}$ ）すべてに熟練者が大きい値（左方向は $p < 0.01$ ，その他は $p < 0.05$ ）を示した。また、牽引力のピーク値と左、前、上方向の成分ベクトル量は、釣り手、引き手ともに有意な相関（ $p < 0.01$ ）を示した。これらの結果から、釣り手、引き手の牽引力のピーク値を大きくするためには、左上前方（熟練者の平均牽引角度は、釣り手が測定装置の基準点から左に22度、上に38.5度、引き手が左に33.5度、上に18度）に強く牽引することが必要といえる。このように牽引すれば、受の重心を取が払う方の脚（本研究では右足）の爪先側に移動させることができるし、右前回りさばきによる身体の回転（身体長軸に対する回転）を牽引に利用できると考えられる。

作用脚を踏み込んだ時の床反力は、熟練者、未熟練者ともにほぼ同様の波形を示したが、下方向の床反力は未熟練者が大きい値を示した。従って、前回りさばきを用いて施技する際には、作用脚を強く踏み込むことを避けた方がよいであろう。また、軸脚を踏み込んだ時の床反力は、左、後ろ、下方向すべてに熟練者が大きい値を示した。熟練者は左上前方に強く牽引することで両手の牽引力のピーク値を大きくしていたが、牽引力の方向を床反力と同様に測定装置側からみた方向とすれば、その方向が右上前方となり、床反力とは正反対となる。以上のことから、右前回り

さばきによる施技時に軸脚を左下後方に強く踏み込むことは、両手の牽引力ピーク値を大きくすることと関連があると考えられる。

釣り手、引き手の肘関節角度、角速度についてみると、まず釣り手では、最大角度、角速度のピーク値ともに熟練者が大きい値を示した。この結果から、釣り手の牽引力ピーク値を大きくするためには、肘関節を大きく、素早く屈曲させるように牽引することが必要と考えられる。引き手では、熟練者は屈曲、伸展時の最大角度が小さく、伸展時の角速度のピーク値が大きな値を示した。引き手を大きく屈曲させて牽引すると、牽引方向は前方に片寄ってしまい、前回りさばきによる身体の回転動作を牽引に利用できないだけでなく、受の重心を、取が払う方の脚の爪先側に崩すこともできなくなる。このように考えれば、熟練者の引き手の肘関節の使い方は合理的といえる。以上のことから、引き手の牽引力のピーク値を大きくするためには、1)肘関節の屈曲をある程度でとどめるようにして、牽引すること。2)伸展時の角速度を大きくすること。以上の2点が必要と考えられる。尚、適当な屈曲角度については、熟練者の屈曲、伸展角度（結果に記載）が指標となると考えられる。

2 掛け

作用脚で測定装置を払った時の釣り手、引き手の牽引力とその成分ベクトル量についてみると、釣り手については有意差がなく、引き手の牽引力とその右、前、下方向のベクトル量は熟練者が大きい値を示した。さらに釣り手、引き手の成分ベクトル量を合わせると、左（熟練者： $0.00 \pm 0.07 \text{ kg/BW}$ 、未熟練者： $0.07 \pm 0.01 \text{ kg/BW}$ ）、上方向のベクトル量（熟練者： $0.004 \pm 0.02 \text{ kg/BW}$ 、未熟練者： $0.03 \pm 0.01 \text{ kg/BW}$ ）は未熟練者が大きく、前方向のベクトル量（熟練者： $0.37 \pm 0.09 \text{ kg/BW}$ 、未熟練者： $0.24 \pm 0.06 \text{ kg/BW}$ ）は熟練者が大きい値（ $p < 0.05$ ）を示した。崩しの動作においては、釣り手、引き手を左上前方（取が右組の場合）に強く牽引すれば、牽引力のピーク値が大きくなることが明らかになった。また、これには右前回りさばきによる身体の回転動作が関連していると考えられた。払腰は、受を牽引し、取の腰に受を乗せるようにしながら、受の脚を払って投げる技である。従って、作用脚で受の脚を払う時の取は、受に背中を向けた位置まで回転していることになる。投げ動作の終了までさらに回転が続くとしても、受の脚を払った場面での引き手の位置は、取の身体前方となる。つまり、前回りさばきによる身体の回転を利用した牽引を行えば、受けの脚を払った時の牽引力はその前方向の成分ベクトル量が大きくなるといえる。これは、釣り手、引き手の牽引力とそれぞれの前方向の成分ベクトル量との間に有意な相関（ $p < 0.01$ ）があったことから明かである。釣り手、引き手の牽引力は上方向（引き手は下方向）の成分ベクトル量との間にも有意な相関（釣り手： $p < 0.05$ 、引き手： $p < 0.01$ ）があった。上記のように払腰では、取の腰に受を乗せるようにしながら、受の脚を払う。このために崩しの終了から投げの終了までの局面では、取は自身の上半身を僅かに下方向に傾けながら回転することになる。引き手の下方向のベクトル量と牽引力との間の相関には、このような回転動作が影響を及ぼしていると考えられる。以上についてまとめると、脚を払った時の釣り手、引き手の牽引力を大きくするためには、釣り手については上前方、引き手については下前方のベクトル量（熟練者の平均牽引角度は、釣り手が測定装置の基準点から左に18度、上に18度、引き手が右に5.5度、下に5.5度）を大きくすることが必要といえる。また、釣り手、引き手の牽引力と測定装置を払ったときの作用脚の衝撃力には有意な相関（釣り手： $p < 0.05$ 、引き手： $p < 0.01$ ）があり、釣り手では前方向の成分ベクトル量と、引き手では前、下方向の成分ベクトル量と有意

な相関（釣り手の前方向は $p < 0.05$ ，その他は $p < 0.01$ ）があった。掛けにおける作用脚の働きは、受の身体を後方へ振り上げることである。この場合、両手の牽引力はそのまったく逆方向に働かせることが望ましい。作用脚の衝撃力を大きくするためにも、両手の牽引力の前方向の成分ベクトル量を大きくすることが重要である。

作用脚の衝撃力（力積）とそのピーク値との間には有意な相関（ $p < 0.01$ ）があり、ピーク値と力のモーメントとの間にも有意な相関（ $p < 0.01$ ）があった。本研究において、測定装置の丸太を後方へ振り上げるための力のモーメントは、作用脚の力と力の加わった位置から丸太の支点までの長さによって決定する。加わった力が同じであれば、丸太の下の方（地面に近い方）を払った方が力のモーメントは大きくなるが、力のモーメントと作用脚で払った位置から丸太の支点までの長さとの間には、有意な相関がなかった。これらの結果から、衝撃力、並びに力のモーメントを大きくするためには、衝撃力のピーク値を大きくすればよいことになる。そこで以下では、作用脚の衝撃力のピーク値を大きくするような施技方法（動作）を考察することにする。

払い動作における作用脚の膝関節角度の最大角度、並びに角速度のピーク値、最大角度と測定装置を払った時の角度との差が熟練者は大きい値を示した。また、作用脚の足関節の速度は熟練者が大きい値を示した。衝撃力に関係するのは、物体の質量と速度である。払い動作では作用脚の質量を変えることはできないので、作用脚の速度の大きさが衝撃力の大きさを決定することになる。本研究の結果から、熟練者は膝関節を屈曲させ、それを伸展させることで作用脚の速度を大きくしていたことがわかる。また、払い動作における作用脚の膝関節の最大角度と前回りさばきにおいて作用脚を踏み込んだ時の角度との間には、有意な相関（ $p < 0.01$ ）があった。以上のことから、作用脚の衝撃力のピーク値を大きくするためには、作用脚の膝関節角度（熟練者の最大角度：65.8度）を大きくし、それを伸展させることによって払うことが必要で、そのためには前回りさばきで作用脚を踏み込んだ時の膝関節角度（熟練者の最大角度：24.7度）を大きくする必要があるといえる。軸脚については、膝関節の最大角度、測定装置を払った時の角度ともに熟練者が大きい値を示した。「軸脚の膝関節を踏み込んだ後、さらに屈曲し、伸展して作用脚で測定装置を払う。」この動作は熟練者、未熟練者とも共通していたが、未熟練者が屈曲した膝関節を大きく伸展させながら作用脚を払っていたのに対して、熟練者は大きく屈曲させた膝関節の角度を保つような状態で作用脚を払っていた。このような熟練者の動作は、軸脚を安定させることにつながると考えられる。これは測定装置を払った時の軸脚の下方向の床反力に有意差があり、熟練者の値が大きかったことから窺える。以上のことから、作用脚の衝撃力を大きくするためには、前回りさばきで踏み込んだ後の軸脚の膝関節の屈曲（熟練者の最大角度：80.5度）を大きくし、その角度を保ちながら（測定装置を払った時の熟練者の最大角度：56.0度）下方向の床反力が大きくなるように施技することが必要と考えられる。

作用脚の衝撃力のピーク値と作用脚の衝撃力のピークから釣り手の牽引力のピークまでの時間との間には、有意な相関（逆相関： $p < 0.01$ ）があった。引き手のこの時間については、有意な相関がなかったが、熟練者についてこれらの時間を比較すると、釣り手が $0.06 \pm 0.05 \text{sec}$ 、引き手が $0.06 \pm 0.06 \text{sec}$ となり、両者の間に有意差はなかった。以上のことから、作用脚の衝撃力のピーク値を大きくするためには、釣り手、引き手の牽引力のピークと作用脚の衝撃力のピークをできるだけ接近させるように施技することが必要といえる。

以上、本研究の測定結果から有効な払腰の施技動作を考察したが、肘、膝関節角度等の大きさについては、熟練者の値が一つの指標となると考えられる。

V まとめ

払腰の有効な施技動作を探ることを目的として、熟練者、未熟練者の施技時の両手の牽引力、作用脚の衝撃力、力のモーメント、作用脚、軸脚の床反力、肘、膝関節角度を測定し、崩し、掛けの動作に分けて分析した。その結果、有効な施技動作とは「両手の牽引力のピーク値、並びに作用脚の衝撃力のピーク値を大きくするような動作」と考えられた。それらの動作（施技者が右組の場合）を以下に示す。尚、以下に示す方向は、牽引力については施技者側からみた方向（基準点は、鉄製リングと鉄棒の接続部分）、床反力については受（測定装置）側からみた方向とした。

a 「崩し」

1. 釣り手、引き手は、左上前方に牽引する。
2. 軸脚は、左下後方に強く踏み込む。
3. 釣り手の肘関節は、大きく、素早く屈曲させる。
4. 引き手の肘関節は、大きく屈曲させないで、伸展時の角速度を大きくするように牽引する。

b 「掛け」

1. 脚を払った時、釣り手は上前方、引き手は下前方の牽引力を大きくする。
2. 作用脚は、膝関節の屈曲を大きくし、それを伸展させることによって払う。払い動作において作用脚膝関節の屈曲角度を大きくするためには、前回りさばきで作用脚を踏み込んだ時の膝関節角度を大きくすることが必要である。
3. 軸脚は、前回りさばきで踏み込んだ後の膝関節の屈曲を大きくし、その角度を保ちながら、下方向の床反力が大きくなるように施技する。
4. 釣り手、引き手の牽引力のピークと作用脚の衝撃力のピークをできるだけ接近させるように施技する。

以上、肘、膝関節等の大きさについては、熟練者の値が一つの指標となると考えられる。

引用、参考文献

- 1) 大滝忠夫：柔道十講、不昧堂書店：94-99, 1971.
- 2) 醍醐敏郎：柔道教室、大修館書店：96-99, 1992.
- 3) 井浦吉彦、川村禎三、浅見高明、竹内善徳、石島繁：柔道技術の分析的研究—投げ技における頭位と上肢の位置変化について—、武道学研究, 15(1)：15-20, 1982.
- 4) 松井勲、猪熊真、岡田修一、薮根敏和、山崎俊輔：柔道投技の崩しに関するバイオメカニクス的研究、大阪武道学研究, 3(1)：21-28, 1988.
- 5) 松本芳三、浅見高明：写真と図解による柔道、大修館書店：59-62, 141-142, 1970.
- 6) 松本芳三：柔道のコーチング、大修館書店, 83-98, 106-110, 1985.
- 7) 菅波盛雄、井浦吉彦、川村禎三、浅見高明、石島繁：柔道投技の運動力学的分析—施技時の頭、肩、腰部の角度変化について—、武道学研究, 15(1)：21-31, 1982.
- 8) 薮根敏和、岡田修一、山崎俊輔：引手、釣り手の牽引力からみた「払腰」練習法の検討、大阪武道学研究, 6(1)：23-30, 1994.
- 9) 柏崎克彦：柔道練習プログラム、成美堂出版：40-42, 1989.

- 10) 工藤一三：柔道読本，読売新聞社：112-115，1970.
- 11) 山川岩之助，工藤信雄：柔道指導ハンドブック：157-161，1975.
- 12) 福永哲夫，湯浅景元：コーチングの科学，朝倉書店：2-5，1989.
- 13) 長谷川優，竹内外夫，湯浅景元，樋口憲生，加納明彦：柔道投げ技における床反力と動作の分析，武道学研究，17(1)：45-46，1985.
- 14) 梶山彦三郎，中原一：柔道のバイオメカニクス，論説柔道，不昧堂出版：127-158，1984.
- 15) 松永郁男，平沼正治，北本拓，川村自行：大外刈の軸足の研究—身長差，体重差を条件として—，武道学研究，15(2)：126-128，1982.
- 16) 松永郁男，平沼正治：柔道投技の踏み込み位置についての研究，武道学研究，17(1)：114-116，1985.
- 17) 三浦修史，竹村外夫：柔道投技の研究—大外刈の軸足に関する研究—，武道学研究，15(2)：124-125，1982.
- 18) 村田直樹：柔道技術の解明—「引き手」の運動，武道学研究，17(1)：51-53，1985.