

5. 身体軸の前後傾斜と押し・引きの力発揮

島根県浜田市立三隅中学校 谷口 一真
東京学芸大学教育学部芸術・スポーツ科学系 久保田浩史
早稲田大学スポーツ科学学術院 射手矢 岬

キーワード：柔道、押す力、引く力、崩し、足圧中心 COP、重心 COM

5. Forward or backward inclination of the body and Exertion of Push or Pull Strength

Kazuma TANIGUCHI (Hamada-city Misumi Junior High School)
Hiroshi KUBOTA (Faculty of Education, Department of Health and
Sports Sciences, Tokyo Gakuge University)
Misaki ITEYA (Faculty of Sport Sciences, Waseda University)

Key words : Judo, Push strength, Pull strength, Off-Balance, COP: Center of Pressure,
COM: Center of Mass

Abstract

Objective:

It is well known in judo that a player becomes immobile when he/she is leaning. The purpose of this study was to clarify the relationship between the inclination of the body and strength exertions.

Methods:

Subjects were seven university students. COP (center of pressure) and push and pull strengths were measured. The COP is a projection of the COM (center of mass) obtained from three-dimensional motion analysis onto the floor. Push and pull strengths were measured by a dynamometer using the load cell (1kN). Subjects were conducted in both natural and defense postures. We analyzed the relationship between the COP and push or pull strength, and the difference between the two different postures.

Results and Discussion:

1. The push strength tended to become weaker as the COP approached the heel line. On

the contrary, The pull strength gradually weakened as the COP approached the toe line. These trends were similar in the natural and defense postures. Strength exertion associated with body collapse was identified. The most likely explanation is that one cannot exert strength if exerting more strength would cause one's own body to collapse and fall over. For example, when the body is leaning backward, one cannot push because if one pushes, one's own body will fall over.

2. The push and pull strengths of the defense posture are exerted stronger than the natural posture. Compared to the natural posture, the defense posture had a lower center of mass and a wider stance, thus it had a higher degree of stability. Therefore, it is clear that the defense posture is exerted more strongly than the natural posture.

I. はじめに

柔道の投げ技では、重要な3局面、「崩し」、「作り」、「掛け」がある。崩しについて、嘉納(1992)は倒れるには倒れられず、起きるには起きられず、その中間にあってもっとも苦しく感じるような位置と表現している。竹内(1979)は、引いたり押したりして相手の姿勢を不安定にし動けない姿勢にすること、また大滝ら(1984)は重心を支持面の外に移行させ相手を剛体に近づけることと説明している。さらに、松本(1980)は、崩された者は剛体の状態に近づき、安定を失って傾いた棒のようになり、退くことも進むこともできない絶体絶命の体勢となると述べている。柔道において相手を投げるためには、この「崩し」局面は重要である。本研究では重心が移動した局面における力発揮特性に焦点をあてる。そこで、まずは「崩し」に関する研究について整理する。

崩されたときの足底の様子と全身の筋の働きを、筋電図とフットプリントを用いて測定した研究では、崩される方向に体重が移る時、崩される側の下腿から順に筋が緊張することが報告されている(松本ら、1973)。崩しの際の受けと取の足底力を、フォースプレートを用いて測定した研究では、取が受を前方向に崩すときは、下半身を安定させた状態で手の作用によって相手を釣り上げるため、取の足底力の鉛直成分に大きな力加わること、また横と後方向に崩すときは取の足底力の鉛直成分が変化しないことから、体の移動を利用しており、さらに受の足底力は崩される側の足に全体重がかかることが報告されている(野瀬ら、1981)。藤岡(1983)は自身の柔道経験や指導経験をもとに崩しについて力学的に考察し、崩しに関わる動作は支持足の位置を固定するための動作であると述べている。また、松井ら(1988)は、取の釣り手・引き手の発揮筋力や受の床反力を測定し、体捌き時の着床以前の釣り手、引き手の力発揮、取の重心の上下動が崩しに大きく影響することを報告している。このように、崩しの際の発揮筋力、床反力が測定され、その特性を明らかにしようと試みられてきた。

また、崩しについて三次元動作分析を用いた研究も散見される。石井ら(2008)は、「投の形」を対象として三次元動作分析を行い、取の作りが完了した時には、受の重心が高くなり前後左右に不安定な体勢になること、崩される時に体を曲げることなく爪先立ちの状態になることを報告している。さらに、石井ら(2009)は、試合中に施された大外刈を対象に三次元動作分析を行い、試合における大外刈の成否は、刈り足の振り上げ局面において、相手の重心が前方に引き出された後に、後方に移動する揺り戻し反応と関係することを報告している。このように、崩しに

関してバイオメカニクスの分析もなされてきた。

次に、直立姿勢の安定保持に関する先行研究を整理する。柘植ら（1994）は、重心の位置が支持面（物理的安定領域）全域で安定ではなく、その物理的安定領域内に自立保持領域（生理的安定領域）があり、支持面の外に重心を移行させなくても相手は不安定になり、自立していられなくなる、つまり生理的安定領域が物理的安定領域の内側にあることを報告している。さらに、大学生柔道選手を対象に重心動揺計を用いて足圧中心（COP：center of pressure）を測定し、物理的安定領域、生理的安定領域、安心領域（崩されて不安に思う閾値）の3つの面積を求め、安心領域と生理的安定領域とを比較した研究もある（竹内ら、2015）。その研究では、安心領域の面積は生理的安定領域の面積より柔道歴が長いほど小さかったことが報告されている。以上のように、相手のいない自立姿勢では物理的安定領域の中に生理的安定領域があり、さらにその中に安心領域が存在することが示唆されている。しかしながら、これらの報告は単独で自立姿勢を保持しているという条件下であるため、二人組で行う柔道とは条件が異なる。柔道で組んでいる場合、相手を支えにしてぶら下がったり、寄りかかったりした状態で安定を保持することもできる。組んでいる場合は支持基底面自体が変化するので、それに伴い物理的・生理的安定領域、安心領域も変化すると考えられる。

以上、崩しおよび姿勢保持の研究について整理したが、対人競技である柔道は安定した状態で相手を押す、引くだけでなく、自分が崩れた状態でも、相手を押す、引くということがある。また、意図的に自分の重心を移動させ、相手に体重をかけた状態で、押す、引くということがある。したがって、柔道においては、自立した状態での押す力、引く力だけでなく、自身が自立していない状態での押し、引きの力を測定する必要がある。

これらのことから、本研究の仮説を次のように設定し、検討することとした。1）重心が前方に移動した場合、押す力は大きくなり、引く力は小さくなる。2）重心が後方に移動した場合は、押す力は小さくなり、引く力は大きくなる。3）重心の高低、つまり自然体か自護体かの姿勢によって、押す力、引く力は異なる。

そこで、本研究は、自然体および自護体で、自身が崩れたような状態、つまり重心を前方または後方に移動させた状態における押す力および引く力の発揮特性を明らかにすることを目的とした。

Ⅱ. 方法

1. 対象

被験者は運動経験のある男子大学生7名であった（表1）。被験者には、本研究の目的と方法、研究過程で考えられる危険性について十分に説明を行った。また、研究への参加は個人の自由意志によるものであり、協力への強制を行わないことを強調した上で、参加の同意を得た。

2. 測定方法

2-1. 筋力測定

被験者は立位姿勢で腕を伸ばし肩の高さで把手を握り、押す力（以下、押し力）および引く力（以下、引き力）を発揮した。筋力測定装置（図1-2）は自作の棚にロードセルを介した把手（図1-1）を取り付け、把手位置は被験者の肩の高さに調節可能で、前後に移動させることも可能であった。被験者は両足を並行に肩幅で立ち、押し力および引き力の静的筋力を発揮した。

表1 被験者プロフィール

被験者	年齢	身長(cm)	体重(kg)	運動経験(年数)
A	22	166	81	柔道(10)
B	20	168	82	柔道(11)
C	22	173	97	柔道(10)
D	20	169	69	柔道(14)
E	24	176	73	バスケ(15)
F	18	172	60	柔道(1)
G	22	168	60	サッカー(10)

筋力測定時の条件は、身体の傾斜を変えて、安定した状態、重心をやや前に移動させた状態、重心を十分に前に移動させた状態、重心をやや後ろに移動させた状態、重心を十分に後ろに移動させた状態の5つとした。さらに、これらの測定を自然体と自護体の二姿勢で行った。押し・引き力の筋力測定では、身体を振った反動を使わないように指示した。特に、自然体においては、股関節の屈曲・伸展を利用した反動動作が発生しないように、腰部、臀部、大腿部後面に平らな木板を取り付け、体幹部を固定した（図1-3）。自護体では足幅が肩幅よりやや広めのスタンスになるように指示した。実験者は、被験者にこの二つの姿勢で水平方向に押し、引きの

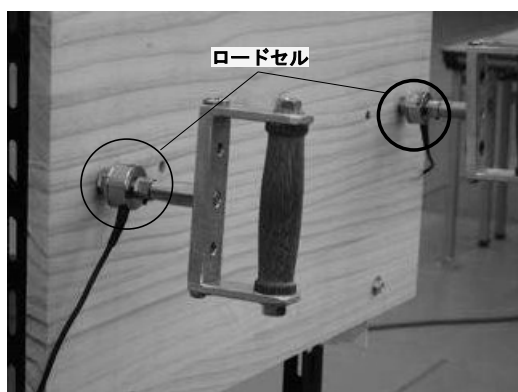


図1-1 ロードセルと把手

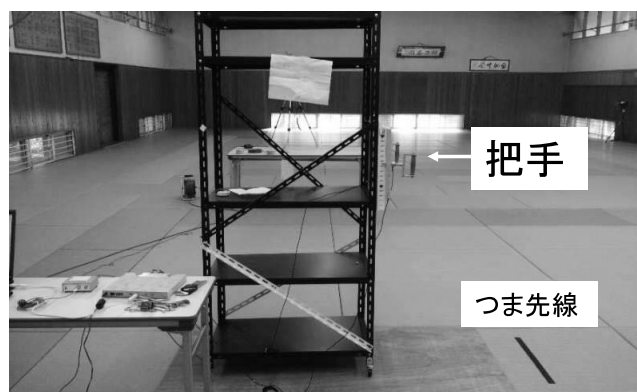


図1-2 測定装置

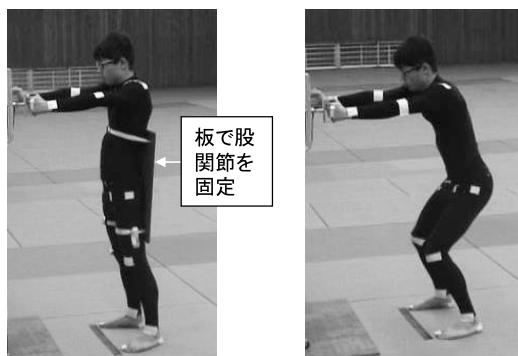


図1-3 自然体(左)と自護体(右)



図1-4 測定風景

静的最大筋力を発揮するように教示した（図1-4）。各試行間には十分な休憩をとり、それぞれ2回測定し、最大値を代表値とした。押しおよび引きの筋力測定値は左右のロードセルの和とした。

2-2. 身体重心と足圧中心

被験者の身体部位23点を測定点としDLT法で三次元座標値を算出し、身体重心（COM: center of mass）位置を推定した。動作解析システムFrame-DIAS IV（DKH社製）を用い、COMの計算には阿江ら（2002）の身体部分慣性係数を用いた（図2-1、2-2）。

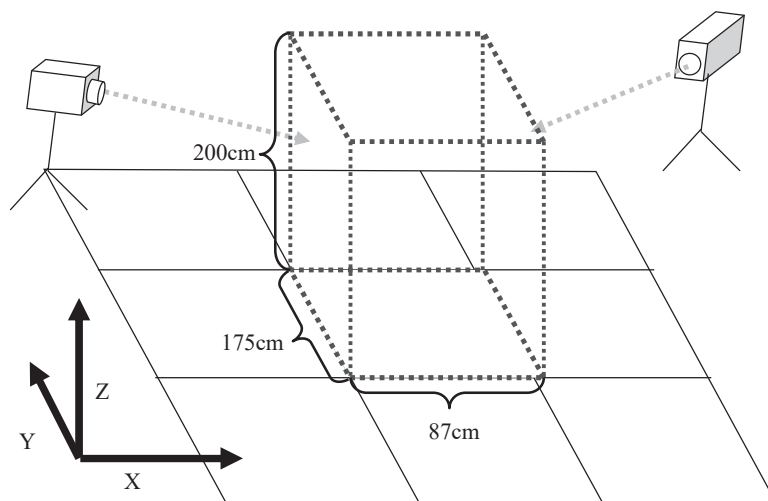


図2-1 DLT法による三次元動作解析

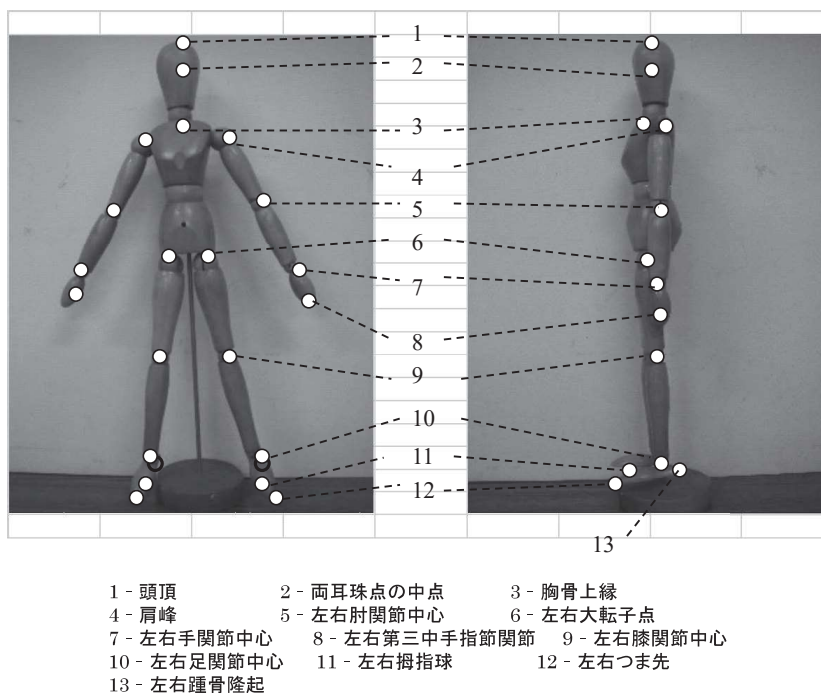


図2-2 身体計測点

その後、石井ら（2008）の方法を参考に、重心落下点を足圧中心（COP: center of pressure）とした。藤井ら（2008）はCOPと身体重心（COG、この論文ではcenter of gravityとしている）の動きの一致について検討しており、静止時においてはCOPとCOGは一致するが、動的場面では必ずしも一致しないことを報告している。今回の測定では静止した立位姿勢から筋力測定を行っているため、COMの床面への重心落下点はCOPとしても差し支えないと判断した（図3-1）。

右つま先－左つま先－左踵－右踵を結んだ面を支持基底面として、求めた三次元の身体重心点を両足の支持基底面へ投影し、その投影重心をCOPとした。そして、両つま先を結んだ線（つま先線）とCOPの距離を計算した。COPの座標をA（ x_0, y_0 ）、つま先線の方程式を $Ax + By + C = 0$ 、つま先線から重心の距離を ℓ_1 とする。投影重心とつま先線の距離 ℓ_1 は、以下のような「点と直線の距離の公式」で求められる（図3-2）。

$$\ell_1 = \frac{|Ax_0 + By_0 + C|}{\sqrt{A^2 + B^2}}$$

つま先線の中点と踵線の中点を結んだ線分の長さを100%とした時の（つま先を0%、踵100%とする）COPの距離 ℓ_1 がつま先から何%のところにあるかを計算した。COP位置は足長（両つま先線から両踵線の距離）に対する割合で表し、つま先線上を0%とし、踵線上は100%、つま先より前はマイナスの値とし、以下のA～Fの6エリアに分けた。-20%以上0%未満をAエリア、0%以上20%未満をBエリア、20%以上40%未満をCエリア、40%以上60%未満をDエリア、60%以上80%未満をEエリア、80%以上100%未満をFエリアとした（図3-3）。ちなみに、ヒトが楽に立っているときのCOP位置は、男性は踵から49%（つま先から51%）、女性は踵から43.8%（つま先から56.2%）と報告されている（藤原ら、1981）。本研究において、Dエリア内にCOPが位置するとき、楽に立っている姿勢であると言える。

三次元分析により求めるCOP位置は実験後に算出したため、押し・引き力の測定時にはCOP位置はモニターできなかった。身体を傾斜させ、「重心をやや前方（または後方）に移動させた状態」、「重心を十分に前方（または後方）に移動させた状態」で測定を行った。COP位置を算出後、区切られたA～Fのエリアに測定値を分類し、各エリアの平均値と標準偏差を算出した。

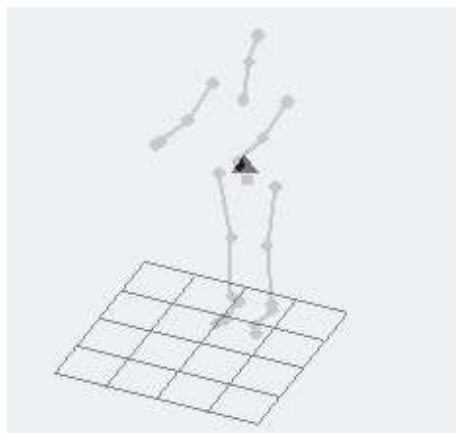


図3-1 スティックピクチャと重心(▲印：身体重心)

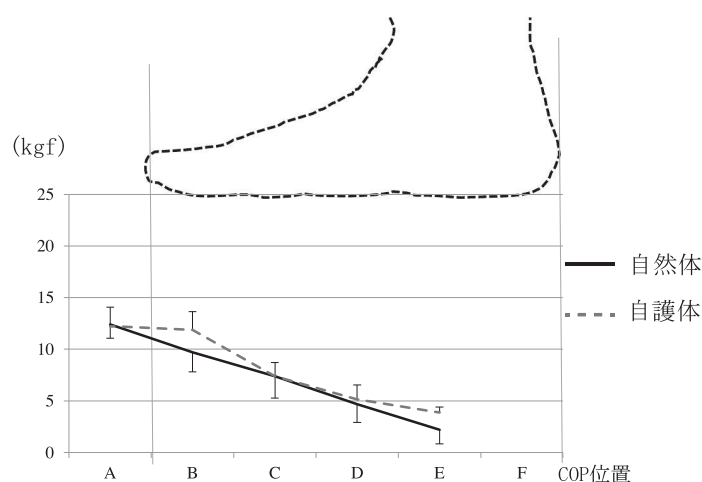


図4 自然体と自護体の押し力

自然体における押し力の平均値はAエリアで $12.4 \pm 2.0 \text{ kgf}$ 、Bエリアで $9.7 \pm 1.8 \text{ kgf}$ 、Cエリアで $7.4 \pm 1.4 \text{ kgf}$ 、Dエリアで $4.7 \pm 1.4 \text{ kgf}$ 、Eエリアで $2.2 \pm 0.6 \text{ kgf}$ で、重心を後方に移動させるほど値は小さくなった。また自護体における押し力の平均値はAエリアで $12.3 \pm 1.4 \text{ kgf}$ 、Bエリアで $11.9 \pm 2.1 \text{ kgf}$ 、Cエリアで $7.4 \pm 2.3 \text{ kgf}$ 、Dエリアで $5.1 \pm 1.9 \text{ kgf}$ 、Eエリアで $3.9 \pm 1.4 \text{ kgf}$ で、自然体と同様に重心を後方に移動させるほど値は小さくなった。尚、自然体と自護体共にFエリアで押し力を測定することはできなかった。

姿勢とCOP位置の押し力を比較するために二要因分散分析を行い、その結果を表3に示した。自然体と自護体の姿勢の要因に主効果が認められた ($F(1,86)=5.05, p<0.05$) が、Scheffeの多重比較では有意な差はみられなかった。また、COP位置の要因でも主効果が認められ ($F(4,86)=83.63, p<0.05$)、Scheffeの多重比較ではAエリアがBCDEエリアより、BエリアがCDEエリアより、CエリアがDEエリアより、DエリアがEエリアより有意に高値を示した (表2)。

表3 姿勢とCOPエリアに関する押し力の二元配置分散分析

	df	SS	MS	F	p
Posture	1	14.08	14.08	5.05	0.0272
Area of COP	4	932.75	233.19	83.63	<.0001
Posture * Area	4	17.09	4.27	1.53	0.2
Error	86	239.80	2.79		

2. 引き力について

自然体と自護体におけるCOP位置 (A～F) の引き力の平均値と標準偏差を表4および図5に示した。

自然体における引き力の平均値はAエリアで $4.0 \pm 3.1 \text{ kgf}$ 、Bエリアで $5.9 \pm 2.0 \text{ kgf}$ 、Cエリアで $6.9 \pm 2.4 \text{ kgf}$ 、Dエリアで $9.0 \pm 1.9 \text{ kgf}$ 、Eエリアで $10.7 \pm 1.3 \text{ kgf}$ 、Fエリアで $11.6 \pm 1.8 \text{ kgf}$ で、重心を前方に移動させるほど値は小さくなった。また、自護体における引き力の平均値はAエリアで $7.9 \pm 5.6 \text{ kgf}$ 、Bエリアで $9.1 \pm 6.4 \text{ kgf}$ 、Cエリアで $13.0 \pm 2.8 \text{ kgf}$ 、Dエリアで $12.3 \pm 3.9 \text{ kgf}$ 、Eエリアで $14.9 \pm 2.5 \text{ kgf}$ 、Fエリアで $15.8 \pm 5.7 \text{ kgf}$ で、自然体のときと同様に重心を前方に移動さ

表4 引き力の測定値 (単位: kgf)

	COP 位置	A	B	C	D	E	F	A~Fの平均値
自然体	平均	4.0	5.9	6.9	9.0	10.7	11.6	8.6
	標準偏差	3.1	2.0	2.4	1.9	1.3	1.8	3.0
自護体	平均	7.9	9.1	13.0	12.3	14.9	15.8	13.1
	標準偏差	5.6	6.4	2.8	3.9	2.5	5.7	4.8
自然体と自護体の平均値	平均	5.1	6.9	10.4	9.6	12.2	13.7	10.2
	標準偏差	3.9	4.0	4.1	2.6	2.7	4.6	4.3

自然体と自護体の平均値: A < CDE, B < EF, C < F (P<0.05)

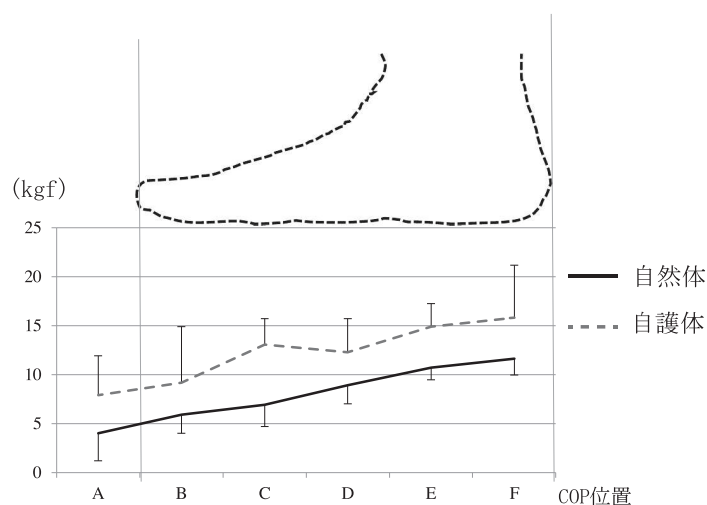


図5 自然体と自護体の引き力

せるほど値は小さくなった。

姿勢とCOP位置の引き力を比較するために二要因分散分析を行い、その結果を表5に示した。自然体と自護体の姿勢の要因に主効果がみられた ($F(1,89)=35.03$, $p<.005$)。Scheffeの多重比較では有意な差がみられ、自然体よりも自護体の値が高値を示した。COP位置の要因にも主効果が認められ ($F(5,89)=11.38$, $p<.005$)、Scheffeの多重比較ではAエリアがCDEエリアより、BエリアがEFエリアより、DエリアがFエリアより有意に低値を示した(表4)。以上のことから、仮説1)「重心が前方に移動した場合、押す力は大きくなり、引く力は小さくなる」、および仮説2)「重心が後方に移動した場合は、押す力は小さくなり、引く力は大きくなる」は支持され、仮説3)「重心の高低、つまり自然体か自護体かの姿勢によって、押す力、引く力は異なる」も引き力において一部支持された。

表5 姿勢とCOPエリアに関する引き力の二元配置分散分析

	df	SS	MS	F	p
Posture	1	316.38	316.38	35.03	<.0001
Area of COP	5	513.79	102.76	11.38	<.0001
Posture * Area	5	19.91	3.98	0.44	0.8189
Error	89	803.74	9.03		

IV. 考察

本研究は、身体を傾斜させ、重心を前方または後方に移動させた状態で、発揮する押し・引き力を測定し、その特性を明らかにすることが目的であった。重心の移動の程度は身体重心位置から足圧中心（COP）位置を算出し、押し・引きの等尺性筋力はロードセルによって測定した。自然体と自護体の姿勢とCOPエリアの2要因で押し・引き力を比較した。なお、本研究におけるBおよびFエリアは物理的安定領域の内側で生理的安定領域（柘植ら、1994）の外側にあたる。また、ヒトが楽に立っているときのCOP位置は、男性はつま先から51%と報告されており（藤原ら、1981）、Dエリアがこれに該当する。

1. 重心の位置と力発揮の特徴

(1) 押し力について

押し力は、自然体・自護体ともに重心が前方に移動しCOPがAエリアに近づくに従い値は大きくなった。また、COPがつま先よりも前に出たAエリアでも発揮された。自立できる範囲は支持基底面の内側の生理的安定領域にあるが（柘植ら、1994）、前方に身体を傾斜させるとCOPは生理的安定領域を越え、つま先線までに自立できない体勢になる。しかし、身体の前で支えがあればCOPが生理的安定領域を越えたとしても身体を預けて安定を保つことができる。今回の実験では、被験者は測定装置を支えとし、支持基底面から重心が外れたAエリアでも押し力が発揮できた。柘植らの研究ではCOPから自立による安定領域の境界線を明らかにしたが、本実験の様に測定装置を持つような設定では、それが支えとなり、両者の間で新たな支持基底面ができ、結果として安定領域が広がったと考えられる。即ち、COPが支持基底面から外れ、自立できない体勢でも押し力を発揮し続けることができることが示唆された。今後の課題として、測定装置を支えとせず自立した安定領域内での力発揮をさせるような設定をすることが挙げられる。

押し力において、注目すべき点は重心を後方に移動させた状態のときであり、COPが80%を超えたFエリアでは押し力を発揮することができなかった。これは自然体・自護体ともに同様の傾向であった。前方向と異なり後ろ方向に重心を移動させた場合は、指の踏ん張りが効かない、また支えとなる物体もないため、FエリアまでCOPが移動すると押し力は発揮できないことがわかった。

(2) 引き力について

引き力は、自然体・自護体ともに重心が前に移動しCOPがAエリアに近づくに従い値は小さくなった。菅波ら（1982）は、崩しにおいて、取が受を前隅に崩すために両手の働きが必要となるが、このときに取の頭部が体幹に対して先行してしまえば受を引き付けることが困難になると報告している。この研究における取は、本実験における被験者に該当するが、身体を前傾し重心が前方に移動した状態で測定装置の把手を引こうとすると、自分の体がさらに前に崩れるため、引くに引けず、引き力が弱くなったものと考えられる。また、前項の押す場合では、COPがFエリアのときは測定すらできなかったが、引く場合はCOPがAエリアにあるときも引き力を測定できた。如何にヒトが後ろへの崩れに弱いかを示すひとつの証拠と言える。

COPがつま先に近づくに従い引き力の値は減少するという傾向は、自然体も自護体も同様の傾向であったが、全てのCOP位置において自護体の引き力の値が自然体の値よりも高値を

示した。尚、COPがつま先を越えたAエリアにおいて、自然体で約4 kgf、自護体で約8 kgfの力が発揮された。前項の押し力と同様に測定装置が支えとなり支持基底面が広がったこと、さらに肩関節伸展や体幹屈曲により末端にある四肢を引き寄せる（この場合は把手を体幹に引き寄せる）ことで引き力を発揮することができたと考えられる。後者の四肢を引き寄せる動作についてはスリリング系トレーニングツール（例えば、レッドコード）で用いられる動きと類似する（平井ら, 2014; 宮下ら, 2012）。今回の実験では、水平方向に力を発揮するように教示したが、被験者が最大筋力を出すよう努力したため、測定装置を支えにして引き力が発揮できたものと推察される。

また、後ろに重心を移動させた状態での引き力はFエリアまで増加した。前述の押し力はFエリアの力は発揮できなかったが、引き力はFエリアでも発揮することができた。身体が後ろに倒れそうになり装置に掴まった体勢で、身体を預けて引き力を発揮した分、その値は大きくなったと考えられる。

2. 構えの違いによる差

引き力に関して、自護体の方が自然体よりも大きな力を発揮した。COP位置の総和の平均値では、二つの姿勢の差は押し力では約4.0 kgf、引き力では約4.5 kgfであり、自護体の方が高値を示した。本実験では自然体のスタンスを肩幅としたが、自護体ではスタンスをやや肩幅より広めにして測定を行った。大滝（1984）は、身体の安定条件として、支持基底面が広いこと、重心の位置が低く中心部にあること、物体の重量が大きいことと述べている。加えて、自護体に関しては、一般的には防御を目的とした姿勢であり、重心を低くして支持面を広くとり安定度を保持することはできるが、多様な攻撃に対応する動作の発進は遅く、しかも大きな動きはできないと述べている。つまり、自護体は敏捷な動きや相手への対応に対して反応動作は遅いが、静的状態において自然体に比べ支持基底面が広く、重心の位置が低いため、安定度は高いということである。相撲において低い構えの姿勢から前方への力を出すためには大きな股関節伸展トルクが要求される（白木, 2009）。相撲での低い構えと自護体はよく似ており大きな押し力を出すための姿勢である。また、引き力に関しては、ボートを漕ぐ際や綱引きにおいて、自分自身の体重を後方に倒しながら股関節と膝関節の伸展力を利用している。これらのことから、押し力、引き力ともに、自然体に比べ自護体の方が大きかったと考えられる。

3. 柔道への応用

支持基底面とCOPの関係から崩しを考えると、相手を支えにして支持基底面が広がり安定する場合と相手から支えをはずされ崩される場合がある。相手を支えにして支持基底面が広がる場合は、極端な前屈みになったり、ぶら下がったりしても安定を保つことができ、押し・引きの力を発揮することができる。一方、相手から支えをはずされ崩される場合は、押し・引きの力が拮抗したところで、作用点を体さばきなどによりずらされたり、かわされたりするので安定を保つことができず、押し・引きの力も発揮することができない。

重心を前方に移動させた場合、押し力は増加するが、引き力は減少した。柔道において相手が前に崩れた場合でも、押し合って拮抗することがある。後ろまたは横への体さばきで押してくる力をいなせば、相手はさらに前に大きく崩れ、技を出すチャンスを得ることができる。また、巴投げなどの捨て身技を施せば、相手の重心の下に潜り込むことができる。嘉納（1992）

は、投の形の最初の浮落を例に、「引く時も相手の両足を結びつけた線に直角に引かなければならない」と説明し、「始めに引いた時は引かれただけ出てくる、次に引いてもやはり同様出て来て姿勢が依然崩れずにいるから、その次には一層多く引くが、すぐに引き倒してしまうような引き方ではない。同時にまた相手が安全に立っていられるような不十分な引き方でもない、倒れるには倒れられず起きるには起きられず、その中間にあつて最も苦しく感じるような位置に引きつけるのである」と述べている。このあたりが前に崩す時のコツになると考えられる。

重心を後方に移動させた状態においては、押し力は減少するが、引き力は増加する。特に、後ろへの崩れについては、COPが踵近くまで来た時点で押せなくなることが特徴である。柔道において相手が後ろに崩れた場合でも、引き合つて拮抗することがある。ともに引き合いをせず、相手の引く力に従い、一方が脱力したり、前に体さばきをすることにより、相手はさらに後ろに崩れ、技を出すチャンスを得ることができる。

4. 本研究の限界と今後の課題

押し・引きの力測定は、自然体、自護体の姿勢で足を動かさないという条件で行われた。構えには左右の自然体・自護体があり、押し引きの力を発揮する時も左右どちらかの足を出すこともある。したがって、今後は左右の自然体や自護体における重心位置と力発揮との関係をみることも必要である。

また、重心を移動させる方向は前後のみであったが、実際の柔道競技場面では上下の重心移動も関係してくるため、重心の動きを前後左右、上下の3次元で捉えることも必要である。

加えて、今回の実験条件では、実験装置を支えにすることでCOP位置が安定領域を外れていても押し・引き力を発揮することができたが、対人で行う柔道では、前へ崩れた時に相手を支えにできる場合と支えをはずされる場合が考えられるので、筋力測定時に支えをはずすことができるような実験設定の工夫をする必要がある。

V. まとめ

自然体および自護体で、重心を前方または後方に移動させた状態における押す力および引く力の発揮特性を明らかにすることが本研究の目的であった。身体重心位置を三次元動作分析より求め、重心落下点を足圧中心(COP)とし、押し・引き力をロードセルを介した把手を取り付けた筋力測定装置で測定した。その結果、以下のことが明らかとなった。

1. 押し力は、COP位置が踵付近では発揮されず、COP位置がつま先線に近づくほど高値を示した。引き力は、COP位置が踵からつま先線に近づくほど低値を示し、COP位置がつま先を越えても発揮された。
2. 自然体と自護体では、COP位置と力発揮の関係は同様の傾向を示したが、引き力においては自護体が自然体より高値を示した。

文献

阿江通良・藤井範久：スポーツバイオメカニクス20講，朝倉書店，34-43，2002。

藤岡正春：柔道の基礎的研究Ⅲ，島根大学教育学部紀要，第17巻，23-29，1983。

藤井隆太・高木綾一・山口剛司・高崎恭輔・大工谷新一・鈴木俊明：立位姿勢の足底圧中心位置の違いが着座動作の姿勢制御に与える影響について，関西理学，8，85-94，2008。

- 藤原勝夫・池上晴夫：足圧中心位置と立位姿勢の安定性との関係について，体育学研究，26 (2)，1981.
- 平井敏幸・橋田浩・荻部俊二：レッドコード・エクササイズのアスリート用トレーニング方法の検討：背臥位運動と腹臥位運動での強度と難易度と身体部位の主観的評価から，北海道体育学研究 49：1-12，2014.
- 石井孝法・岡田弘隆・増地克之・坂本道人・小俣幸嗣：柔道投技における崩しの基礎的研究，武道学研究，40 (3)，11-16，2008.
- 石井孝法・射手矢岬・阿江通良・今村T. Rodney：実践における揺り戻し・揺り返し反応のタイミングと大外刈りの成否，講道館柔道科学研究会紀要第12輯，47-57，2009.
- 嘉納治五郎：新装版 嘉納治五郎著作集，第二巻，五月書房，26-40，1992.
- 小宮徳健・貝瀬輝夫・藤田真郎・平野弘幸・平野武士：柔道の投げ技における「崩し」に関する研究，東京学芸大学紀要，第5部門，43，221-227，1991.
- 松井勲・藪根敏和・猪熊真・山崎俊輔・岡田修一：柔道投技の崩しに関するバイオメカニクスの研究，大阪武道学研究，3 (1)，21-28，1988.
- 松本芳三：柔道のコーチング，大修館書店，83-98，1980.
- 松本芳三・竹内善徳・中村良三：柔道投技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.
- 宮下智・和田良広・鈴木正則：効果的な体幹筋トレーニング方法の検討—異なる運動における腹横筋と内腹斜筋の収縮厚から—，日本橋学館大学紀要，No.11，41-51，2012.
- 野瀬清喜・川村禎三・竹内善徳・山崎俊輔：柔道投技の研究—足底力より見た「構え」「崩し」「作り」「掛け」について—，武道学研究，14 (1)，51-63，1981.
- 大滝忠夫・竹内善徳・杉山重利・手塚政孝・高橋邦郎：論説柔道，138-156，不味堂出版，1984.
- 斉藤寛樹・江原義弘・岩谷友倫・大崎諒：狭い支持基底面におけるバランス制御の定量的解析—基底面から重心投影点が飛び出してもバランスが保持できる制御—，人間工学，46 (6)，355-361，2010.
- 佐藤忠之，川上泰雄，志々田文明：合気道競技の投技における「崩し」の方法：隅落と引落を中心に，スポーツ科学研究，3，69-77，2006.
- 白木仁：相撲—押す力，投げる力—，体育の科学，59 (6)，338-391，2009.
- 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—試技時の頭，肩，腰部の角度変化について—，武道学研究，15 (1)，21-31，1982.
- 竹内善徳：柔道，不味堂出版，1979.
- 竹内優香・諏訪里英・安川生太・藤枝賢晴・射手矢岬：柔道の八方の崩しにおける，講道館柔道科学研究会紀要第15輯，73-82，2015.
- 柘植俊一・松島皓三・竹内善徳・中村良三：バイオメカニクスから見た柔道投げ技の基礎的研究，講道館柔道科学研究会紀要第7輯，39-55，1994.