

7. 投げ込み時の投げやすい「受」の動作分析

慶應義塾湘南藤沢中等部・高等部 平沼 義浩
早稲田大学スポーツ科学研究科 伊藤 悦輝
早稲田大学スポーツ科学学術院 射手矢 岬

キーワード：受、投げ込み、約束練習、投げやすさ、受け動作

7. Kinematic analysis of the skillful Uke's movement during throwing

Yoshihiro HIRANUMA (Keio Shonan Fujisawa Junior & Senior High School)
Yoshiki ITO (Graduate School of Sport Sciences, Waseda University)
Misaki ITEYA (Faculty of Sport Sciences, Waseda University)

Key words : Uke, Nagekomi, Yakusoku Rensyu, Easiness for throwing, Uke movement

Abstract

The purpose of this study was to clarify the skillfulness of the Uke motion during throwing from a biomechanical aspect. The subjects were two judo players who were skillful at Uke, two judo players who were unskillful, and two novice university students. We analyzed items according to the ground reaction force (GRF), the displacement of the center of mass, and the angles of the torso, ankle, and knee joints of Uke during Taiotoshi.

In conclusion, the better Uke motions for Tori were as below;

- (1) Not moving the left or right leg in the Kuzushi and Tsukuri phase
- (2) Not leaning forward (not pulling back the hip) in the Kuzushi phase
- (3) Not bending the right knee in the Tsukuri phase
- (4) Keeping the center of mass higher in the Kake phase than in the natural stance

1. はじめに

柔道において、2人が組み合って一方が他方を投技で投げる時、投げる方を「取」、投げられる方を「受」と呼ぶ。柔道の科学研究において「取」を主体に技を分析した研究は多いが（宮崎ら, 2017; Ishii et al., 2017; 出口ら, 2013）、「受」については受け身の研究は多くなされているものの、取が投げ技を掛け、受け身の直前までの受の動作について分析された研究は極めて少ない。「受」の体勢や崩れに関してバイオメカニクス的手法を用いた研究はいくつかある（出口ら, 2014; Imamuraら, 2006, 2007a, 2007b; 石井ら, 2008）。出口ら（2014）は受の異なる姿勢が、取の背負投の動作に及ぼす影響をバイオメカニクスの観点から分析し、取は受の姿勢に対応して肘や膝を屈曲させ、上半身を前傾していることを明らかにした。

Imamuraら（2006）は投げ込み練習において受の重心は投げられる直前に、その方向とは逆方向に動くことを報告した。さらに、Imamuraら（2007a）柔道有段者において試合と投げ込み練習時における受の重心を算出し、投げ込み練習では、崩し・作り局面に投げられる方向とは反対方向に受の重心が移動することを明らかにした。石井ら（2008）は、崩しの効果をみるために、「投の形」の5つの技を対象に3次元動作分析を行い、受の重心位置、受の支持面、受の下肢の関節角度を自然本体時と作り完了時で比較した。その結果、施技の崩しで、受の重心高は自然本体時より高くなり、前隅への崩しでは、前後方向だけでなく左右方向にも不安定な状態になり、受は爪先立ちの状態になっていることを報告した。Imamuraら（2006 & 2007a）と石井ら（2008）の研究は技を掛けられた時の受の反応、崩れについて言及しているが、投げ込み（約束練習）時の「受」の投げやすさや投げにくさには言及していない。

高校柔道研究きさらぎ会（1990）は、学校体育授業における初心者指導において、「かかり練習や約束練習などで、しばしば経験することであるが、受の技術が高いほど技をかけやすいということがある。また、初心者に技を指導する場合、受が経験者であると、指導しやすいということも現場ではよく体験する」と述べている。さらに、柔道を数年から十数年経験した者についても技能の習熟度の程度は異なるものと考えられる。松本（1980, p.102）は相手を主にしたタイミングについて「崩しで、まず受の体勢を不安定にさせ、重心を支持面の外に移行させ、相手を剛体の状態に近づけて技を掛けるのに都合のよい体勢にする。相手を主にしたタイミングとはこの状態を巧みに作り、受を調子づけた一瞬の好機ををのがさぬ時間的な把握と考えてよい。」と述べ、さらに、崩し時の留意点として、「相手との間合い、虚実の程度、重心、体形、動きの方向、剛体に近づく状態などを明確にとらえる必要がある」と述べている。この留意点の中で重心、動きの方向、剛体に近づく状態に関しては、崩される受の行う複雑な動作ともいえる。また、柔道の乱取稽古法には「懸り稽古」、「互角稽古」、「引立稽古」などがある。例えば、引立稽古は相手の低い技能の程度に自分の攻撃力を下げて調子を合わせることから始まる（松本1980, p.233）。このように、上位者が相手の調子に合わせる稽古法があることから、十数年の柔道経験を持つ者でも技能の習熟度が異なることから受の投げやすさや投げにくさが存在すると考えられる。

以上のことから、取から評価した場合の投げやすい者と投げにくい者の受け動作の解明は受の動作の技能向上のみならず、取の投げの技能向上のためにも重要であると考えられる。そこで、本研究は投げ込み時の受け動作をバイオメカニクスの観点から明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2.1 対象者

受け身に関して熟練しているW大学柔道部員男子4名、および初心者として柔道授業の受講生男子2名を対象とした。

大学柔道部員については、まず11名を対象に投げやすさに関するアンケート調査を実施し、1（投げやすい）～5（投げにくい）の5段階で回答させた。その結果平均得点が1.6点、2.0点で投げやすいと評価された2名をAとB（以下、上位群）、3.0点、3.4点で投げにくいと評価された2名をCとD（以下、下位群）とした。投げやすい、投げにくいと評価された4名について、Kendallの一致係数（W）を算出したところ、 $W=0.430$ （ $p<0.01$ ）で有意で、11名の評価は一致していたといえる。

さらに、経験者の「投げにくさ」と初心者の「投げにくさ」は感覚的な表現としては同じであってもバイオメカニクスの違いがある可能性があるため、本研究では初心者を同じ尺度で評価せずに対象に加えた。初心者の大学生はEとF（以下、初心者群）とした。表1に対象者の身体特性を示した。

表1 対象者の身体特性

	対象者	年齢（歳）	身長(cm)	体重(kg)	経験年数（年）
上位群	A	22	165	68	15
	B	21	163	67	17
下位群	C	21	171	71	15
	D	22	161	71	5
初心者群	E	19	177	75	授業約30時間
	F	20	173	71	授業約30時間
取		23	164	85	20

対象者には、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。本研究は早稲田大学研究倫理「人を対象とする研究に関する倫理規定」に基づいて倫理申請を行い、承認【2019-376】を得た。

2.2 施技

本研究における施技は、柔道授業において基本技として例示されている体落（たいおとし）とした。体落は初期段階で学ぶ比較的安全な技とされている（文部科学省, 2014 & 2018；全日本柔道連盟, 2019）。

本実験では、取1名が受6名に対して右技の体落の投げ込み施技を行った。実験用柔道衣は、反射マーカが撮影できる点と技の施しに支障がない点を考慮して自作し、受にはその柔道衣を着用させ「普段の練習通りに受ける（投げられる）」ように教示した。

取には「どの被験者に対しても同程度の力で普段の練習通りに体落で投げる」ように教示した。環境に慣れるまで練習をした後、3回の測定を行った。受の内省報告から、最もいつでもどおりに受けることができた施技について分析した。

2.3 計測方法

実験室の床面には、通常の畳よりも柔らかいマットを敷き、安全を十分に確保した上で実験を行った。受に貼付した計測用反射マーカの三次元座標をモーションキャプチャシステム（Mac3D System, Motion Analysis社製）と赤外線カメラ8台（Motion Analysis社製）を用いて240Hzで記録した。床反力計（AMTI社製）による床反力も同時に240Hzで計測した。受は2台の床反力計の上に片足ずつ乗った（図1）。

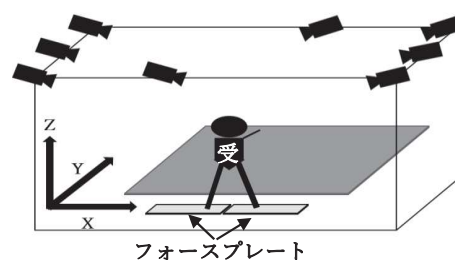


図1 実験環境

静止座標系について、受の前後方向をY軸とし、右手座標系でY軸に対し水平面内で直行する軸をX軸、鉛直方向をZ軸とした。受には計測用反射マーカを、頭頂、頭部前後、左右耳珠、胸骨上縁、左右肩峰、左右肋骨下端、左右上腕骨内側上顆、左右上腕骨外側上顆、左右橈骨茎状突起、左右尺骨茎状突起、左右第三中手骨遠位端、左右大転子、左右大腿骨内側顆、左右大腿骨外側顆、左右脛骨内果、左右腓骨外果、左右第三中足骨頭、左右踵骨上縁の34点に貼付した。また、動作局面の判定のため、取の左右つま先と左右踵に計測用反射マーカを貼付した。

2.4 動作局面の定義

取の体落の動作を基に4つの局面分けを行い、動作時間の異なる施技を比較するために4局面をそれぞれ100%に規格化した。足の離地と着地は取の左右足のつま先の変位から判断した。(1) 右足離地時点から右足着地時点を準備局面（0～100%）、(2) 右足着地時点から左足着地時点を崩し局面（100～200%）、(3) 左足着地時点から右足を受の右足斜め前方に着地した時点を作り局面（200～300%）、(4) 掛け時点から左手が畳に接地した受け身時点を掛け局面（300～400%）とした（図2）。

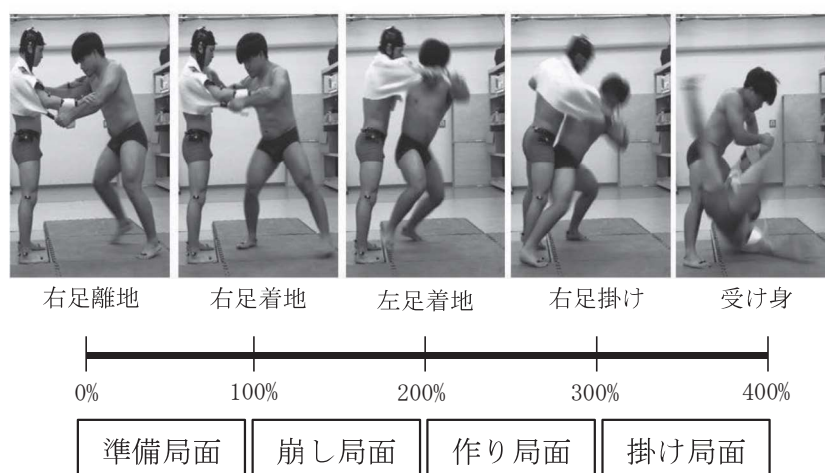


図2 動作局面の定義

2.5 算出項目および算出方法

モーションキャプチャシステムで収集した座標点34点を動作解析ソフトウェアFrame-DIAS V (DKH社製)に移し、身体各部位の3次元座標値から、阿江ら(1992)の報告した日本人アスリートの身体部分慣性係数を用いて身体重心を求めた。算出された座標値は、バターワース型ローパスデジタルフィルターにより遮断周波数10Hzで平滑化した。キャリブレーション時の500mmの長さのワンド計測時の誤差は1mm以下であった。

分析項目については、Imamura(2006)の研究や高校柔道研究きさらぎ会の報告をもとに以下の7項目とし、床反力はフォースプレートから、身体の高さ、変位、および重心は3次元動作解析から値を算出した。分析項目は(1)左右足の床反力鉛直成分(Z軸)、(2)左右足の床反力左右成分(X軸)、(3)身体重心変位鉛直成分(Z軸)、(4)身体重心変位左右成分(X軸)、(5)体幹傾斜角度(胸骨上縁と左右の大転子中点を結んだ線分とXY平面とが交わる角度; 図3)、(6)右足の膝関節角度および足関節角度(膝関節角度は膝関節中心から股関節中心に向かうベクトルと膝関節中心から足関節中心へ向かうベクトルのなす角度、足関節角度は足関節中心から膝関節中心に向かうベクトルと足関節中心からつま先へ向かうベクトルのなす角度とした; 図4)、(7)受け身時の空中姿勢(頭部と右足関節の変位)であった。なお、(1)から(6)までの分析項目においては掛け局面(300-400%)で受の右足が離地した時点までを分析対象とし、図8-10の300-400%において、受の右足が離地した時点に縦線を挿入した。

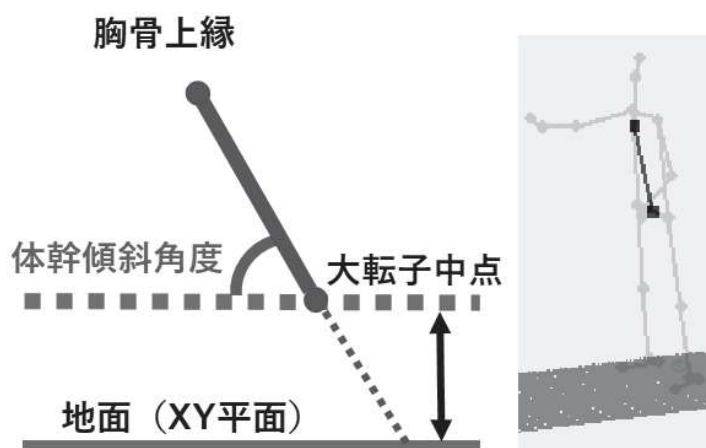


図3 体幹傾斜角度



図4 膝関節角度および足関節角度

3. 結果

3.1 左右足の床反力鉛直成分（Z軸）

図5上段は上位群の左右足の床反力鉛直成分を示した。AB共に崩し・作り局面において、左足の値は約350Nから0Nまで緩やかに減少し、右足の値は崩し局面から掛け局面にかけて約350Nから約850Nまで増加した。上位群の掛け局面の波形はAが320%、Bが310%で最大値となる一峰性を示した。

図5中段は下位群の左右足の床反力鉛直成分を示した。CD共に崩し局面で左足の値は減少するが、作り局面ではCの左足の値は約60Nで変化せず、Dは逆に60Nから280Nまで増加した。右足の値は作り局面でCは約500Nから400N、Dは約450Nから340Nまでそれぞれ減少した。下位群においては、Cの右足の値が掛け局面303%で最大値となり、その後一旦減少し315%で851Nへと再び増加する二峰性の波形を示した。Dの右足の値は掛け局面で減少するのみで顕著なピークはなかった。

図5下段は初心者群の左右足の床反力鉛直成分を示した。EF共に崩し局面で左足の値はEが約370Nから500Nに、Fが約300Nから600Nにそれぞれ増加し、右足の値はEが400Nから175Nに、Fが400Nから0Nまで減少した。掛け局面においてEの右足の値は310%で515Nの最大値となり、315%で408Nと止まった後に0Nまで減少した。Fの右足の値は306%で534Nとなった後、330%で578Nと再び増加した。EF共に一峰性の波形ではなかった。

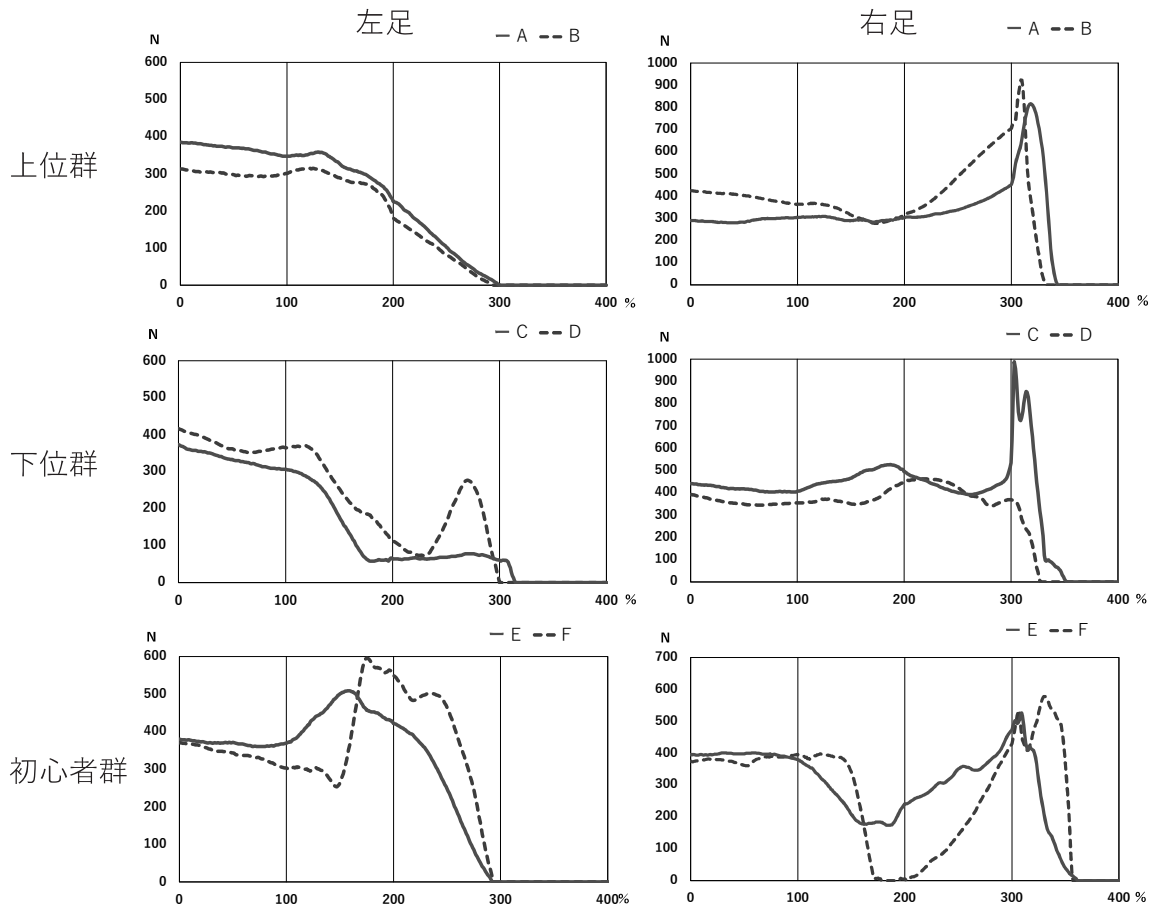


図5 各群の左右足の床反力鉛直成分

3.2 左右足の床反力左右成分 (X軸)

図6 上段は上位群の左右足の床反力左右成分を示した。AB共に崩し局面から作り局面にかけて左足の値は約50Nから0Nまで減少し、右足の値は約-44Nから-70Nでほぼ横ばいで変化しなかった。

図6 中段は下位群の左右足の床反力左右成分を示した。左足の値は崩し局面でCが約45Nから-14Nに、Dが約50Nから5Nまで減少し、作り局面ではCが25N、Dが80Nまでそれぞれ増加した。右足の値は崩し・作り局面で一旦減少した後に増加する傾向にあり、Cが-130Nに減少した後-10Nへの増加、Dが-81Nに減少した後77Nまで増加した。

図6 下段は初心者群の左右足の床反力左右成分を示した。EF共に左足の値は、崩し局面でEが50Nから115N、Fが40Nから130Nまでそれぞれ増加し、作り局面で共に0Nまで減少した。右足の値は、崩し・作り局面で約-60Nから0Nの間で増減し、一定しなかった。掛け局面においてもEは-105Nから25Nの間で、Fは-3Nから127Nの間で増減を繰り返した。

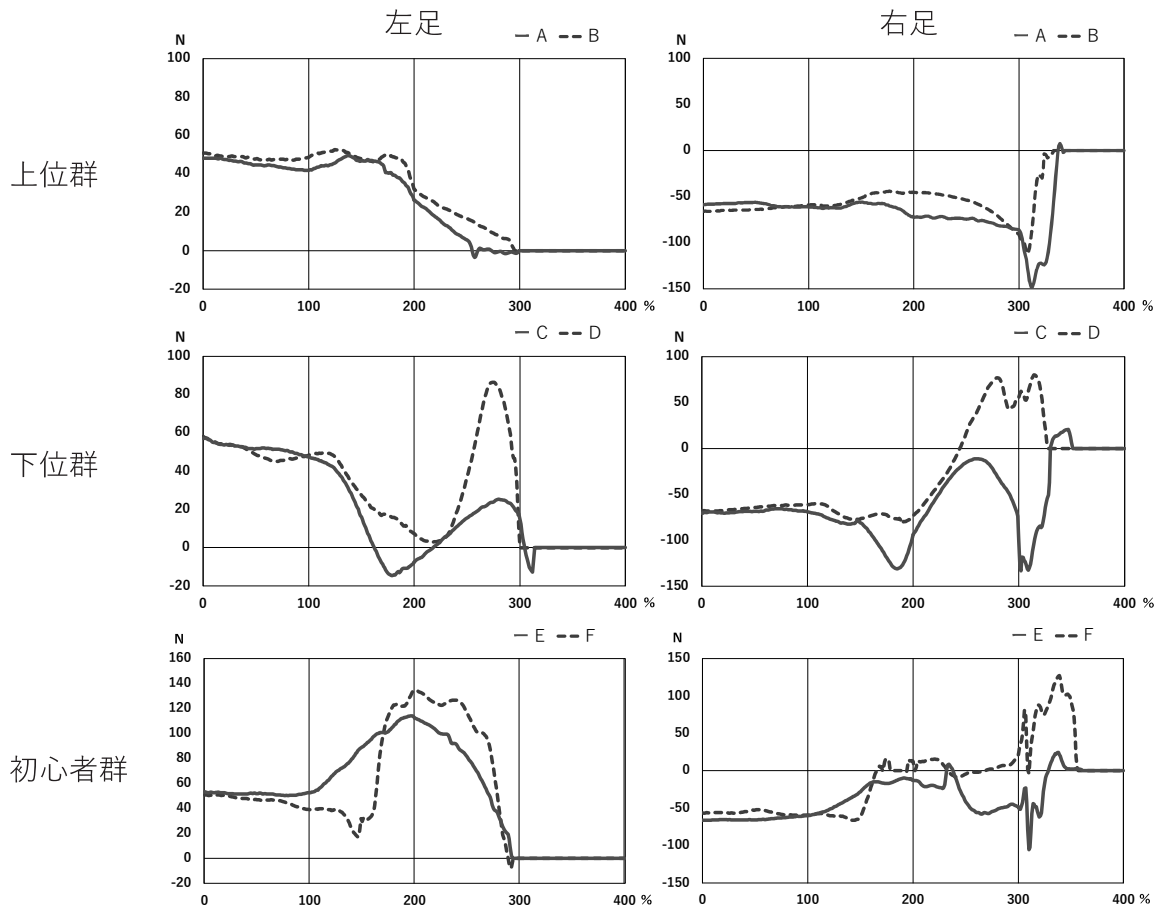


図6 各群の左右足の床反力左右成分

3.3 身体重心変位鉛直成分 (Z軸)

図7は3群の身体重心変位鉛直成分の変位を示した。身体重心変位鉛直成分は、動作開始時点の重心位置を0mmとし、上方向への重心移動を正、下方向への重心移動を負で示した。

上位群の重心は崩し・作り局面で動作開始時点よりもAが0.030m、Bが0.016m上方向に

それぞれ変位し、掛け局面まで維持された。下位群の重心は崩し局面までCが 0.016m 、Dが 0.027m と上方向に変位したが、その後作り局面でC、Dはそれぞれ -0.028m 、 -0.019m となり下方向へ変位した。初心者群の重心は動作開始時点から崩し・作り・掛け局面まで下方向に変位し続け、掛け局面でEは -0.083m 、Fは -0.059m となった。

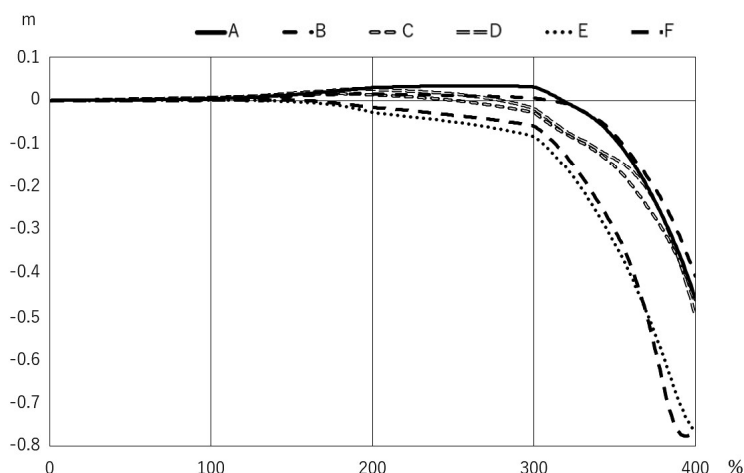


図7 各群の身体重心変位鉛直成分

3.4 身体重心変位左右成分 (X軸)

図8に3群の身体重心変位左右成分の変化を示した。身体重心変位左右成分は、動作開始時点の重心位置を 0m とし、右方向への重心移動を正、左方向への重心移動を負で示した。右の体落の場合、受は右側へ投げられることになる。

上位群A、Bと下位群Dの重心の左右成分の値は崩し・作り・掛け局面まで、緩やかに増加し、最終的に約 0.120m 右へ移動して投げられていた。下位群のCは崩し・作り局面で身体重心変位左右成分の値は -0.012m で一旦左に変位し、掛け局面で 0.052m となり右に変位した。初心者群ではEの身体重心変位左右成分の値は崩し・作り・掛け局面まで緩やかに増加し、 0.143m 右へ変位した。Fの身体重心変位左右成分の値は崩し・作り局面で -0.022m で一旦左に変位し、掛け局面で 0.431m となり右に変位した。EとFの最終的な重心の移動距離はEが 0.266m 、Fが 0.431m であり、柔道経験者（上位・下位群）と比べ2倍以上大きかった。

3.5 体幹傾斜角度

図9に3群の体幹傾斜角度を示した。直立位は 90 度、角度が減少するほど体幹が前傾していること示し、腰を引いた姿勢かどうかを評価するために算出した。準備局面から崩し局面までは前を向いて自立しているためその値は妥当と考えられる。しかし、作り局面から掛け局面に進み、身体が長軸まわりに回転し始めると、体幹傾斜角度は腰を引いた姿勢を評価するための妥当な数値とならない可能性があるため、崩し局面までの値に注目することとした。

A～Fの準備局面から崩し局面（ 200% ）までの体幹傾斜角度の変化はAが 89.6 度から 75.8 度、Bが 82.3 度から 68.3 度、Cが 76.1 度から 64.9 度、Dが 83.7 度から 70.3 度、Eが 72.5 度から 53.0 度、Fが 60.8 度から 55.6 度とすべて緩やかに減少した。体幹傾斜角度は上位群、下位群、初心者群の順で大きかった。即ち、上位群、下位群、初心者群の順で上半身がより前傾していた。

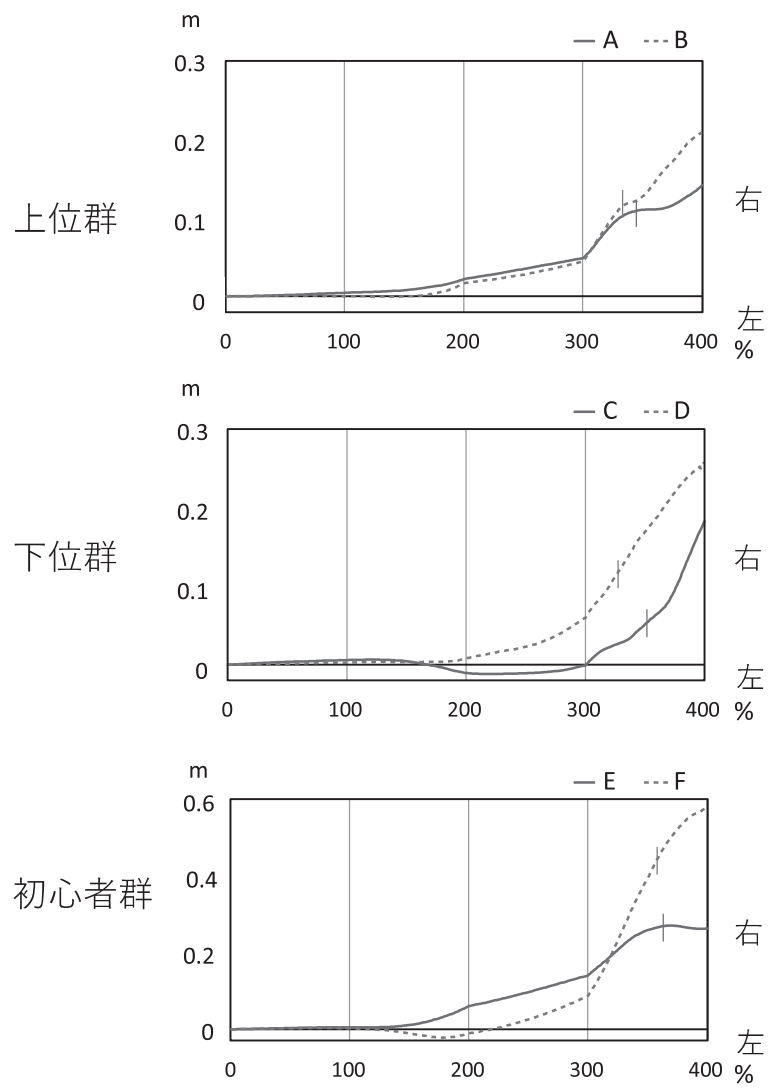


図8 各群の身体重心変位左右成分

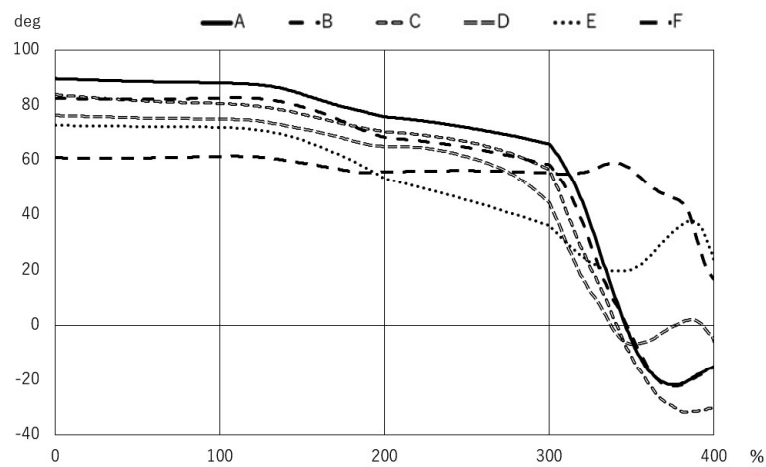


図9 各群の体幹傾斜角度

3.6 右足の膝関節角度および足関節角度

図10上段に上位群の右足の膝関節角度および足関節角度を示した。角度の増加は膝関節伸展および足関節底屈、角度の減少は膝関節屈曲および足関節背屈を示す。上位群のAの膝関節角度は崩し局面で約170度で一定しており、作り局面で157度まで緩やかな減少を示し、掛け局面で167度まで伸展した。Aの足関節角度は作り局面で93度から96度まで底屈し、掛け局面で一度87度に背屈した後、102度まで底屈した。Bの膝関節角度は崩し・作り局面で約170度と一定で変化せず、掛け局面で178度に伸展した。Bの足関節角度は作り局面で90度から85度まで背屈したが、掛け局面で92度まで底屈した。

下位群はCD共に作り局面で右膝関節の約10度の急な屈曲と伸展がみられ、さらに掛け局面でも再び約5度の膝関節の屈曲と伸展がみられた。さらにCは作り局面で約10度の急な右足関節の背屈もみられた。

初心者群ではEF共に右膝関節角度が崩しから作り局面にかけて約20度の緩やかな屈曲を示し、さらに掛け局面でも屈曲が続いた。右足関節角度は崩し局面において約15度の急な背屈、さらに崩し局面でも背屈が続き、掛け局面で急な底屈がみられた。

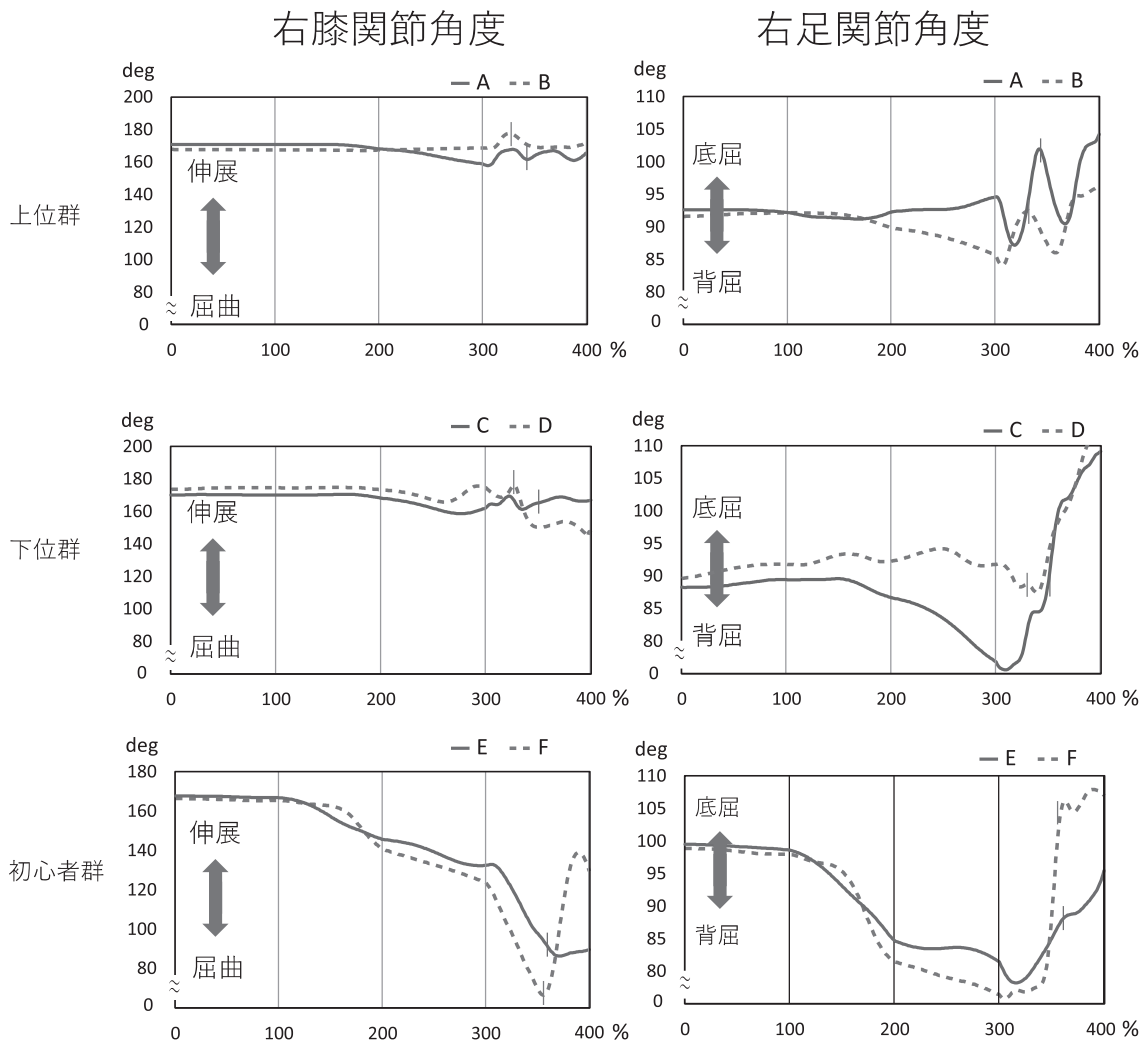


図10 各群の右足の膝および足関節角度

3.7 受け身時の空中姿勢

図11に頭頂および右足関節の変位を示した。この分析項目は受け身時の受の空中姿勢をみるため、掛け局面のみに注目する。上位・下位群共に、掛け局面に入った時点から頭頂の位置は急激に減少、逆に右足関節の位置は急激に上昇し、頭頂と右足関節の位置は逆転した。初心者群は頭頂と右足関節の位置は逆転しなかった。

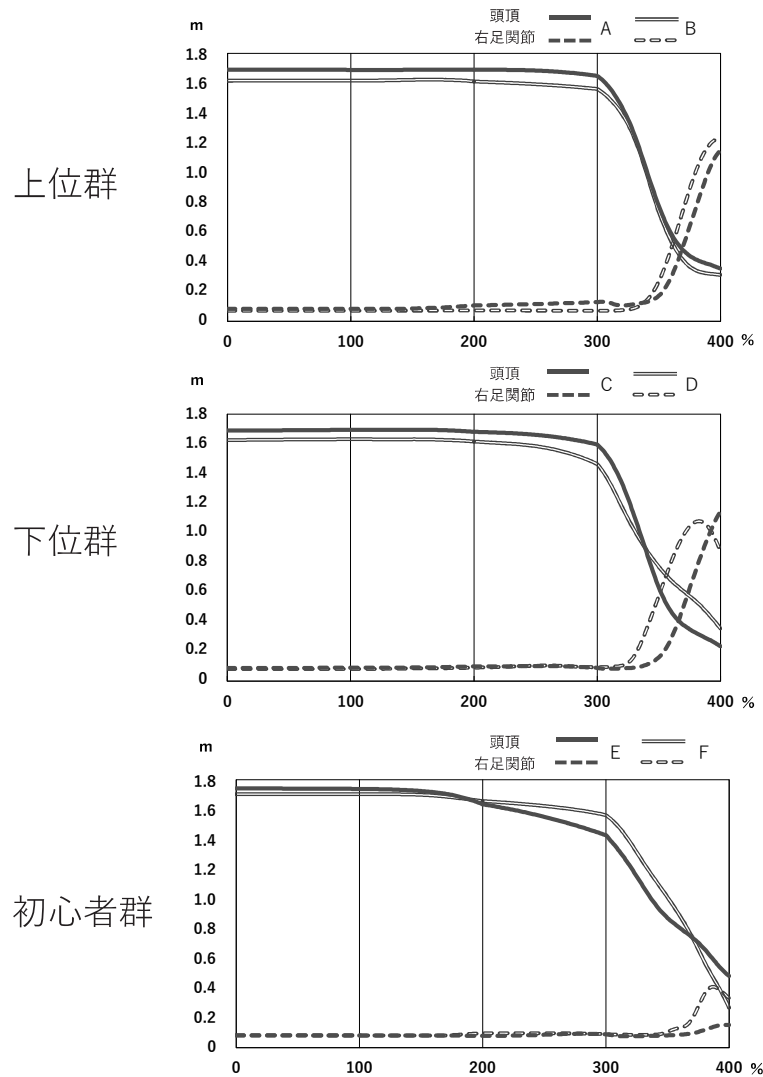


図11 各群の頭頂と右足関節の変位

4. 考察

本研究は体落の投げ込み時の受け動作をバイオメカニクス的手法を用いて分析し、投げやすい者と投げにくい者の特徴を明らかにしようとした。対象者は柔道経験者の中から投げやすいと評価された2名、投げにくいと評価された2名、さらに柔道経験者より投げにくいと思われる初心者的大学生2名であった。分析項目は受の床反力、重心変位、体幹傾斜角度、膝関節角度、足関節角度、頭頂および足関節の変位であった。

4.1 床反力と身体重心からみた左右の動きについて

上位群において、左足の鉛直成分と左右成分の値は崩し・作り局面から掛け局面まで緩やかに減少し、同時に右足の鉛直成分の値は作り局面から徐々に増加し、掛け局面で一峰性のピークがみられ、左右成分の値は崩し・作り局面まで横ばいで、掛け局面でマイナスの最小値を示した。つまり、上位群は体落の施技中に左足に体重を乗せることや床を蹴ることはなく、右足は掛け局面で技が掛かるまで姿勢維持のために地面に抗していたと考えられる。

下位群において、左足の鉛直成分の値は崩し局面での急激な減少、左右成分の値は崩し・作り局面で増減を示した。同時に右足の鉛直成分の値はCとDで異なった力波形であった。Cの掛け局面における右足の力波形は上位群と類似していたことから、掛け局面で姿勢維持のために地面に抗していたと考えられるものの、崩し・作り局面で左右足で少なくとも2回ずつ踏ん張ったピークがみられた。Dの左足の鉛直成分と左右成分をみると作り局面で値が増加しており、さらに作りから掛け局面にかけては地面に抗していないことから、自分から投げられる方向に蹴って投げられにいったと考えられる。C・Dいずれも作り局面終盤に左足で地面へ荷重することが明らかになった。

初心者群において、左足の鉛直成分と左右成分の値は崩し局面の終盤でピークを示し、作りから掛け局面で0Nまで減少した。同時に右足の鉛直成分の値は掛け局面では上位群の半分程度で地面に抗する力は弱かった。初心者群は剛体を維持するというよりも、左足から右足に体重を移動して転がったと推察される。

床反力データに身体重心変位の左右成分を加えて考察する。身体重心変位左右成分（図8上段）をみると、崩し・作り・掛け局面で動作開始時点から右方向に変位していくが、左方向に重心が変位することはなかった。取が投げようとする右方向に剛体の姿勢で徐々に身体が崩されていくような受け動作が重要であると推察される。

一方、下位群ではCは崩し局面で右足で身体を左方向へ、作り局面では左足で身体を右方向へ、掛け局面で再び右足で身体を左方向へ荷重がみられた後に投げられていた。また、身体重心変位左右成分（図8中段）をみてもCの身体重心は崩し・作り局面で動作開始時点よりも左に変位し、掛け局面で右へ変位していた。

Dは作り局面から掛け局面で左足と右足ともに投げられる右方向への床への荷重がみられた。身体重心変位左右成分（図8中段）をみると動作開始時点から右方向に重心が変位しているが、左右足で投げられる方向に蹴って跳んでいると考えられる。

初心者群は作り局面にさしかかる150%から200%時点で左足への荷重がみられると同時に右足抜重をみせ、転がる準備をしていたと推察される。初心者群は、柔道経験者の上位群と下位群とは異なる受け動作をとっていた。投げられた後の重心変位の左右成分で上位・下位群よりも2倍以上変位していたことは、横に転がったことによるものと考えられる。

Imamuraら（2006 & 2007a）は投げ込みの崩し局面から作り局面において、一旦投げられる方向とは逆方向に受の重心が移動するという揺り戻し動作が起こると述べている。下位群と初心者群は、崩し・作り局面内で投げられる方向と逆方向に重心を移す揺り戻し動作がみられた。一般的に立っている人は、外力が加えられた場合、姿勢維持のために相動的運動で外力に対する代償を行う（中村ら, 2002）。また、大築（1988）は「巧みな多関節運動を行うためには、大脳皮質の働きによって姿勢反射のような生得的反射の発言を必要最小限に抑えるような神経回路を作り上げてゆく必要がある、それには長い年月の練習が必要である」と述べている。つ

まり、巧みな動きができるヒトは多関節を動かす筋に関して大脳からの抑制ができており、コントロールされていると考えられる。ここでは、投げやすい「受」は取からの外力に対して過剰な姿勢反射が起きないように抑制され、コントロールされていると推察される。

初心者群では外力に対する姿勢反射が大きく、柔道経験者の中でも下位群はその反射を起こしてしまうため投げにくくなるものと推察される。また、意図して剛体を保とうと過剰な反応が加わることも考えられる。いずれにしても、崩し・作り局面における左右足への交互の荷重による微細な動作が投げにくい要因の一つになると推察される。

以上のことから、崩し・作り局面では左右足に荷重を加えず、掛け局面では右足で地面に抗し、剛体を維持することが投げやすさの要因であると示唆された。

4.2 身体重心からみた上下の動きについて

上位群において身体重心変位鉛直成分は300%時点で正の値、下位群と初心者群は負の値を示した。つまり、崩しから掛け局面で（300%時点）、上位群は動作開始時点よりも重心は高かったが、下位群は約0.040m、初心者群は約0.070m、重心が動作開始時点よりも低かった（図7）。

石井ら（2008）は、前に崩す技において、受の重心高は自然本体時より高くなり、受は爪先立ちの状態になっていることを示した。体落は、取が受を右前隅に崩しながら、受の右足の前に取の右足を踏み込む技である。受が崩された時、剛体の姿勢を保っていれば右足片足立ちとなり身体重心は上方向に変位すると考えられる。掛け局面で受の重心高が高くなることで、取にとっては崩しが完成し、投げやすくなると考えられる。上位群は石井らの研究と類似した結果がみられたが、下位群と初心者群の重心は下に移動し、逆の結果であった。受の重心高が下方向に下がる動作は、取にとって投げにくい動作になるものと考えられる。

以上のことから、体落の掛けの直前に受が重心を動作開始時点よりも高い位置に維持することが投げやすさの要因であると示唆された。また、上位群、下位群、初心者群の順に重心位置が低くなることから、身体重心の高さの維持は受け動作の習熟度を示唆していると考えられる。

4.3 右足の膝および足関節角度について

上位群では掛け局面で、右膝の急な伸展および右足関節の急な底屈がみられた。下位群では作り局面で右膝関節角度の屈曲、伸展がみられ、掛け局面でもう一度屈曲、伸展を示した。Cの右足関節角度は崩し・作り局面で背屈した後、掛け局面で底屈したが、Dの右足関節角度はほとんど変化しなかった。初心者群では右膝関節角度は投げられるまで屈曲するのみで、伸展せず、右足関節角度は掛け局面まで背屈した後、掛け局面で底屈した（図10）。

高校柔道きさらぎ会（1990）は、体落をかけられる際に、受が特に陥りやすい欠点として、右膝を曲げることを挙げている。右膝関節において、下位群は作り局面で1度目の屈曲、掛け局面で2度目の屈曲を示した。少なくとも1度目の屈曲動作は剛体を保てておらず、相手の崩し・作りに抗った動作と考えられる。おそらく、この1度目の屈曲動作は無意識に行われている癖のようなものと推測される。初心者群は、右膝の伸展はなく屈曲するのみで、これは自らを低い姿勢にし、投げられた際の衝撃を和らげようとした動作と推測される。

以上のことから、取の崩し・作り局面で右膝を屈曲させないことが投げやすさの要因であると示唆された。

4.4 体幹傾斜角度について

準備局面の体幹傾斜角度は、上位群80度から90度、下位群75度から80度、初心者群60度から70度で上位群、下位群、初心者群の順に大きかった（図9）。つまり、上位群の体幹は直立に近く、初心者群の体幹は前傾をしていた。

高校柔道きさらぎ会（1990）は、体落の受に一般的に見受けられる陥りやすい欠点について「腰を引いてしまう」と述べている。本研究でみられた初心者の前傾姿勢は、この「腰を引いてしまう」という動作と一致するものと考えられる。

以上のことから、上半身を直立させることが投げやすさの要因であると示唆された。また、準備・崩し・作り局面を通して上位群、下位群、初心者群の順で体幹傾斜角度が大きいことから、体幹傾斜角度は受け動作の習熟度を示唆していると考えられる。

4.5 受け身時の受の回転について

頭頂と右足関節の変位の関係から、上位群と下位群は共に受け身時に頭頂と右足関節の位置が逆転するのに対し、初心者は頭頂と右足関節の位置は逆転しなかった。つまり、柔道経験者はおおよそ身体短軸を軸とした回転で投げられたが、初心者群は身体長軸を軸とした回転で投げられていたことを示している。

小俣ら（2012）は、体落の受のポイントとして「投げられる瞬間は、真っすぐ前を向いている。投げられようと意識して、自分から体をひねらない」と述べている。本研究において、初心者群は長軸回りの回転で受け身を取っているが、これは投げられる方向に自分から身体をひねっている動作であり、初心者が改善しなければならないポイントである。柔道経験者は前回り転受け身で宙を舞う動作には慣れているが、初心者群は宙を舞うことには慣れておらず、膝を屈曲しながら身体を沈めて、長軸まわりの回転をする。この点は、初心者の投げにくさの要因の一つである。初心者が宙を舞うように受け身ができないのは恐怖心が伴うからだと思えるが、受け動作を習得していく過程で短軸まわりの回転で受け身をとれるようにすることが初心者にとって最初の課題といえる。

4.6 本研究の限界と今後の課題

受に着せた柔道衣については、計測点の反射マーカースがカメラに映るように一部切り取った。このために普段の柔道衣と感触が異なり、受け動作に制限がかかった可能性は否めない。また取にとっても同様に投げる時に多少の違和感を与えた可能性も考えられる。今後はマーカースモーションキャプチャシステムの導入で普段の柔道衣のまま同様の実験を行うことができれば、上記の制限が解消されることが考えられる。

対象者数について、その数が少ないことにより統計処理を行わなかった。今後被験者数を増やし、一般化できる知見を得ることが必要である。また、本研究では取を1名に固定し、同一の取の体落に対して実験を行った。受と取の身体特性は重要な要素であり、それぞれの身体特性によって、受け動作が変わる可能性も考えられる。被験者を増やすと同時に受と取の身体特性を考慮し、実験を行う必要があると考えられる。

受の条件について、受の立ち位置は固定したが、できるだけ本人の自然な姿勢にまかせて実験を行ったので初期姿勢は統一しなかった（図9の体幹傾斜角度）。今後は上体の姿勢も含めて初期条件を統一した方が各局面での変化について捉えやすいと考えられる。

本知見はキネマティクス分析とフォースプレートからの床反力のみで、筋活動はみななかった。柔道の競技特性上、筋電図を装着したまま受を投げるのは困難である。ただし、崩し・作り局面に限って、マーカーレスモーションキャプチャシステムや無線筋電を活用し、受け動作の筋活動や関節運動の動きを明らかにする必要があるだろう。

柔道では体落以外にも多くの技がある。体落だけでなく様々な技の受け動作を明らかにすることで、受の習熟度も測ることができ、段階的な指導に役立つデータを提示できると考えられる。さらに、そのデータをもとに初心者の受け方に関する指導のポイントを整理することで、学習指導要領をはじめ、学校教育やスポーツクラブなど様々な指導現場において役立てることができると考えられる。また、正しい受け方の指導方法を提示することで、近年問題となっている柔道事故への対策や問題解決に向けての一助となることも期待できる。

5. 総括

本研究は、被験者数が少ないため統計を用いた比較検討を行わなかった。しかし、投げやすい者と投げにくい者の受け動作の差異、また項目によっては上位群、下位群、初心者群の順で一定の傾向が見出せた。そこで、仮説的な提案として本知見を以下にまとめる。

5.1 結論

本研究の目的は、体落の投げ込み時の受け動作についてバイオメカニクスの分析を通して、取にとって投げやすい受け動作を解明することであった。投げやすさの要因となる受の動作は以下の4点であった。

- (1) 崩し・作り局面では左右足は剛体を維持し、余分な力を入れない
- (2) 崩し局面で上半身を前傾しない
- (3) 作り局面で右膝を屈曲しない
- (4) 掛け局面で身体の重心高は動作開始時点よりも高い

5.2 指導上の提言

今回提案した仮説が統計的に実証された場合、以下の点が指導のポイントになるであろう。

柔道経験者であるにもかかわらず、下位群が投げにくいと評価された原因は、①崩し・作り局面で左右の足に交互に荷重があり、②掛け局面で身体重心高は動作開始時よりも低く、③作り局面で右膝を屈曲したという3点であった。下位群がこれらの動作を修正することにより、受け動作の技能向上がみられると考えられる。

初心者は投げられることへの恐怖心などから、身体長軸まわりに横回転し、自ら投げられる方向に跳んでいたと推察される。初心者の受け動作の学習段階としては、安全面を考慮し、低い位置から徐々に高くした位置で投げられることに慣れ、段階的に受け動作の技能を習得していくことが初期の指導のポイントである。植田（2003）の報告のように投げられていく過程で投げに慣れ、技能を習得し、恐怖心を徐々に克服していくことが重要である。その次に、初心者には身体の長軸まわりの横回転から短軸まわりの縦回転になるような前回り受け身の習得、その後に腰を引かず、剛体を保ち、重心を高く維持するという技能習得の段階的な指導が必要である。

謝辞

本稿作成にあたり了徳寺大学の石井孝法教授にはご丁寧なご指導と多岐にわたるご支援をいただきました。ここに記して心より感謝申し上げます。

引用・参考文献

- 阿江通良・湯海鵬・横井孝志（1992）日本人アスリートの身体部分慣性特性の推定，バイオメカニズム11：23-33.
- 有山篤利・籾根敏和・藤野貴之・中嶋啓之（2011）中学校武道必修化への提案，ベースボールマガジン社，近代柔道，33（7）：59-66.
- 醍醐敏郎（1999）講道館柔道投技：写真解説 上巻－手技・腰技，本の友社：48-58.
- 出口達也・片渕健太郎・大塚道太・塩川満久・瀬川洋（2013）取の習熟度の違いによる受身への影響について－背負投に着目して－，講道館科学研究会紀要14：105-113.
- 出口達也・塩川満久・大塚道太・明石啓太・沖原謙・黒川隆志（2014）柔道の「背負投」における受の異なる姿勢が取の投げ動作に及ぼす影響，コーチング学研究28（1）：29-40.
- Imamura, R. T., Hreljac, A., Escamilla, R. F. and Edwards, B. (2006) A three-dimensional analysis of the center of mass for three different judo throwing techniques, *Journal of Sports Science and Medicine, CSSI*, 122-131.
- Imamura, R. T. · Iteya, M. · Hreljac, A. and Escamilla, R. F. (2007a) A kinematic comparison of the judo throw Harai-goshi during competitive and non-competitive conditions, *Journal of Sports Science and Medicine*, 6 (CSSI-2), 15-22.
- Imamura, R. T. · 射手矢岬 · 石井孝法 (2007b) 柔道の「崩し」・「作り」と抵抗性反応理論，講道館柔道科学研究会紀要11：51-57.
- Imamura, R. T. · Iteya M. · Sajus A. (2009) 釣り手の位置が異なる3種類の体落を掛けた時の受の運動学的研究，講道館柔道科学研究会紀要12：59-65.
- 石井孝法・岡田弘隆・増地克之・坂本道人・小侯幸嗣（2008）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.
- Ishii, T. · Ae, M. · Koshida, S. and Fujii N. (2017, June) Kinematic comparison of the Seoi-nage technique between elite and college judo athletes, 35th Conference of the International Society of Biomechanics in Sports, Cologne, Germany: 14-18.
- 公益財団法人 全日本柔道連盟（2019）安全で楽しい柔道授業ガイド<https://www.judo.or.jp/news/2731/>（アクセス：2022年8月5日）.
- 高校柔道研究きさらぎ会（1990）「受」の動作－初心者の上達を促すための効果的なわざの指導法および矯正法として－，研究テーマN0.5，p4 & p40.
- 小侯幸嗣・香田郡秀・桑森真介（2012）初心者から指導者まで使える武道の教科書【柔道・剣道・相撲】，成美堂出版：36-37.
- 松本芳三（1980）柔道のコーチング，大修館書店：102-233.
- 宮崎誠司・長尾秀行・井上康生・上水研一朗・羽賀龍之介・塚田真希・伊丹直喜・山田洋・小河原慶太（2017）内股における股関節や体幹傾斜の動作分析，講道館柔道科学研究会紀要16：95-107.
- 文部科学省（2014）柔道指導の手引き（三訂版），東洋館出版社：124-125.

- 文部科学省（2018）中学校学習指導要領解説－保健体育編，東山書房：京都，p147.
- 本村清人（2003）新しい柔道の授業づくり，大修館書店：168-169.
- 中村隆一・齋藤宏・長崎浩（2002）基礎運動学 第5版，医師薬出版株式会社：118-119.
- 大築立志（1988）「たくみ」の科学，朝倉書店：172-178.
- 鮫島元成・高橋秀信・瀧澤政彦（2006）Q&A中・高校柔道の学習指導，株式会社大修館書店：p56.
- 植田真帆（2003）初心者柔道指導における前回り受身指導の有無が衝撃力に及ぼす影響，和歌山大学教育学部教育実践総合センター紀要13：119-124.
- 藪根敏和・大宅和幸・有山篤利・藤野貴之（2011）柔道のよい受身動作の解明と動作の学習法と評価法に関する検討，京都教育大学紀要119：71-85.