

2019 年度 修士論文

相撲の基本動作におけるバイオメカニクス的研究

- 鉄砲に着目して -

Biomechanical research for basical motion in Sumo

- Focusing on Teppō -

早稲田大学 大学院スポーツ科学研究科

スポーツ科学専攻 コーチング科学研究領域

5019A002-9

赤岩 滉太

Kota AKAIWA

研究指導教員 : 射手矢 岬 教授

目次

第1章 序論

- 1. 1 緒言 1
- 1. 2 本論文の目的と意義 3

第2章 先行研究の考証

- 2. 1 相撲選手の力発揮について 4
- 2. 2 その他の競技における力発揮（押し力）について 5
- 2. 3 二軸動作について 7
- 2. 4 本論文の構成と各章の目的 9

第3章 鉄砲時における衝撃力の比較検討【研究1】

- 3. 1 背景と目的 10
- 3. 2 方法
 - 3.2.1 被験者 10
 - 3.2.2 場所 11
 - 3.2.3 実験期間 11
 - 3.2.4 実験設定 11
 - 3.2.5 動作の定義 13
 - 3.2.6 計測方法 14
 - 3.2.7 データ処理 16
- 3. 3 結果
 - 3.3.1 各動作における最大衝撃力の比較 17
 - 3.3.2 各動作における力積値の比較 19
- 3. 4 考察
 - 3.4.1 鉄砲時の最大衝撃力について 24
 - 3.4.2 鉄砲時の力積値について 25
- 3. 5 結論 26

第4章 鉄砲時におけるキネマティクスの解析【研究2】

4. 1	背景と目的	27
4. 2	方法	
4.2.1	被験者	27
4.2.2	場所	27
4.2.3	実験期間	28
4.2.4	実験設定	28
4.2.5	計測方法	31
4.2.6	データ処理	32
4. 3	解析	
4.3.1	動作様式の定義	33
4.3.2	測定項目	34
4. 4	結果	
4.4.1	各動作の左右方向における身体重心の変位比較	37
4.4.2	各動作の上下方向における身体重心の変位比較	43
4.4.3	各動作における体幹傾斜角度の比較	49
4.4.4	各動作における身体捻転角度の比較	55
4. 5	考察	
4.5.1	鉄砲時の左右方向における身体重心変位について	61
4.5.2	鉄砲時の上下方向における身体重心変位について	62
4.5.3	鉄砲時の体幹傾斜角度について	63
4.5.4	鉄砲時の身体捻転角度について	65
4. 6	結論	67

第5章 結論

5. 1	総合討議	68
5. 2	研究の限界	69
5. 3	今後の展望	70

参考文献	71
------	----

謝辞

第1章 序論

1.1 緒言

相撲の起源は神話の時代にまで遡ると言われている¹⁾。1500年以上にわたり、日本国民だけでなく世界中のファンを魅了してきた相撲という競技は、日本が誇る伝統芸能の一つと言っても過言ではないだろう²⁾。しかし、近年スポーツ科学の発展に伴い、多くのスポーツ競技において科学的根拠に基づく研究が行われてきた一方で、相撲に関してはその基本動作についての研究自体が少ないと言わざるを得ない。

大相撲では、新弟子検査に合格した力士たちが半年間にわたり通うことが義務付けられた相撲教習所という教育施設がある³⁾。ここでは、相撲史や国語、相撲甚句、運動医学などの教養講座のほか、相撲の実技講座が行われている。実際に、実技指導にあたる教習所担当の親方や現役の幕下力士の指導は、主に伝統を踏襲した口伝によるものであり、科学的根拠に裏付けされた教科書のようなものは存在しない^{4) 5)}。

一方で、近年のスポーツ界においては、指導者や選手が日々の創意工夫の中で様々な身体動作理論を考案し、多様な身体動作やトレーニング方法が提唱されている⁶⁾。スポーツ選手のパフォーマンス発揮において、身体の使い方は非常に重要であり、相撲においてもその動作の特徴を明らかにすることは重要である。

元来、相撲には伝統的に、四股、鉄砲、摺足、股割とよばれる4つの基本運動が存在する^{7) 8)}。相撲の特徴的な動きを伴わない四股と股割を除き、鉄砲と摺足の特徴として、動かす側の手と動かす側の足が左右同時に連動する、いわゆる「同側」と言われる動作が挙げられる⁹⁾。ここに他のスポーツ競技との大き

な違いが観察できる。

確かに、私たちは日常生活において何かを投げる時、蹴り上げる時、また何処かへ移動する時、「対側」の手と足が連動する動作が多い。その他スポーツ全般と比較してみても、常に対側の手足を連動させ、体幹の軸を捻りながら身体を動かす対側動作が中心であることがわかる。このように、相撲は多くのスポーツ競技や日常生活で行う動作と異なった「同側動作」が用いられているわけであるが¹⁰⁾、その理由に関する研究はこれまで見当たらない。

1.2 本論文の目的と意義

本研究は、相撲特有の同側動作を用いる鉄砲に着目して、相撲における基本動作の一端を科学的に明らかにすることを目的としたものである。鉄砲とは、攻めるときの足運びと、手の動きの基本を身に着けるために不可欠な練習方法である。その特徴としては、鉄砲柱に向かって突っ張りや押しをする際に、脇を締めた状態を作り、左手で突く場合には左腰を入れ、同時に左足を擦り込んでいく同側動作を何度も行うことである^{11) 12) 13)}。相撲では、相手を土俵の外側へ押し出すことが求められるスポーツであるため、押し動作は勝敗を大きく左右すると言える。そこで本研究では、押し動作のなかでも相撲特有の動作である同側動作を用いる「鉄砲」に着目することにした。

本研究では、鉄砲時における同側動作をその他動作（同側ではない動作）と比較検討し、その特徴を明らかにするため、以下2つの研究を行った。【研究1】では、鉄砲時における同側動作と、その他動作が与える力の発揮（最大衝撃力・力積値）の差異について比較検討し、値にどのような違いがあるかを明らかにした。【研究2】では、鉄砲時における同側動作と、その他動作をキネマティクスの解析し、各動作の特徴の違いを検討した。

これまでの相撲に関する研究では、特に押し力に関する研究が少なく、相撲の同側動作に着目した研究は見当たらない。本研究において、相撲特有の同側動作の特徴を明らかにすることは、相撲のコーチングにおいて貴重な資料となると考える。

また、これまで多くのスポーツ競技と対照的に、相撲では同側動作が用いられている背景を踏まえると、本研究では相撲における同側動作が他の動作と比較して優位性があることが予想される。

第2章 先行研究の考証

本章では、まずこれまで行われてきた相撲競技に関する先行研究をまとめる。次に、本研究に関連する押し動作や、同側動作を応用した二軸動作について言及している先行研究、書物の考証を行う。

2.1 相撲選手の力発揮について

桑森ら¹⁴⁾は、相撲選手の「立ち合い」におけるパワーおよび「当たり」の強さについて研究を行っている。被験者は、学生相撲選手の上級者5名、中級者5名を対象としており、「仕切り」の構えからのパワーの特性、およびそのパワーと「当たり」の強さの関連を明らかにしている。統計の結果、上級者によるパワーの平均値は中級者に比べ有意に上回っていたが、最大衝撃力については上級者と中級者の間で有意な差は見られなかったと報告している。

桑森¹⁵⁾は、学生相撲選手の競技力と「出足」のパワー、および「当たり」の強さの関係について研究を行っている。被験者は、学生相撲選手10名を対象としており、相撲の競技力が「出足」のパワーおよび「当たり」の強さと、どのように関連しているのかを明らかにしている。統計の結果、高重量の負荷条件下において、競技力と出足のパワーとの間に有意な順位相関係数が算出され、最大衝撃力においても競技力との間で統計的に有意であったと報告している。

これより、相撲選手のパワーや最大衝撃力について着目した研究がなされていることが明らかとなった。しかし、相撲特有の同側動作について着目した研究は見当たらない。

2.2 その他の競技における力発揮（押し力）について

前田ら¹⁶⁾は、ラグビーのスクラムにおける床反力ベクトルと姿勢との関係について研究を行っている。被験者は、学生ラグビー選手 7 名を対象としており、スクラムマシーン（押し力を受け止めるための木製の台）を用いて、スクラムで相手を押す力と姿勢の関係を明らかにしている。この実験では、スクラムという特殊な状態での押し力の測定ではあるが、考察の結果、押す方向と姿勢との関係は重要であると報告している。

尾形ら¹⁷⁾は、押し動作における自他身体誘導スキルの計測と解析について研究を行っている。被験者は、主体者側（甲野のみ）と受け手側であった。光学式モーションキャプチャシステム、フォースプレート、足圧力分布センサ、筋電図計を用いて、古武術による甲野特有の押し動作と、手の力だけで押す試技の違いを計測している。考察の結果、押し動作のコツは、主体者（押す側）の瞬間的な左右の足部の接地状態の変化、手部から腕部にかけて筋を拮抗させ、肩部の回旋運動および体幹部の運動によって、腕の力に頼らない押し動作を実現していると報告している。

脇田ら¹⁸⁾は、抜重動作を用いた前方への圧力変化の検討を行っている。脇田らは、「うねらない」「捻らない」「ためない」「蹴らない」「踏んばらない」などの古武術的な身体操法に注目している。被験者は、健常な男子大学生 10 名を対象とし、「蹴り動作」と「抜き動作」の 2 条件が前方への押し動作に及ぼす影響について、筋放電量、また鉛直分力、前方分力、下方分力のそれぞれにおけるピーク値および力積を、筋電図とフォースプレートを用いて計測している。考察の結果、「抜き動作」が「蹴り動作」に比較して瞬間的に筋収縮が増大し、前方への圧力の増大・床反力の増大といった多くの利点を有する有効な動作であることを明らかにしている。

同じく古武術に関する抜重の研究として、手島ら¹⁹⁾は、古武術における位置

エネルギーを利用した前進動作の効果について研究している。被験者は、健康な女子大学生 15 名とし、一歩踏み出す前進運動を「抜き動作」「蹴り動作」の 2 条件から、筋電図および床反力を手がかりに比較検討を行っている。考察の結果、「抜き動作」が「蹴り動作」に比較して抹消筋活動の軽減、床反力の増大、時間動作の短縮といった多くの利点を有する効率的な動作であることを明らかにしている。

以上のことから、前方への押し動作時の身体の姿勢、接着する手や足の特徴が押し動作に与える影響について研究がなされていることが明らかとなった。

2.3 二軸動作について

相手に力を伝達する動作として、押し動作と類似して相手を殴る動作が挙げられるが、この殴る動作を伴うボクシングにおいて同側動作を応用した事例が報告されている。矢野ら²⁰⁾は、ボクサーの柴田国明が誇った強烈なフックの秘密について、肋骨を左肩に引っ張られるように変形させることで、肋骨の突端部にできたエネルギーを、左肩へダイレクトに伝える「肋骨潰し」というテクニックを紹介している。これは、同側動作を活かした平面的な横回転のエネルギーを利用した動作であり、打つために必要な反動を必要とせず、瞬時のエネルギーの伝達を可能にすると述べている。

また、小田^{21) 22)}は、同側動作を応用した二軸歩行について言及している。この二軸動作に関してはバイオメカニクスの根拠に証明されたものではなく、現場の感覚的な考え方になるが、「人類が長年に渡り四足歩行をしてきた名残が、今日の私たちの歩き方に表れている」と述べている。この二軸とは、人間の身体の中心軸を重心点から垂線を下ろした一本の重心線とする左右交差感覚ではなく、体重を左右の股関節に分散させた二本の軸（線）で動作を行う同側感覚のことであり、また手と足が同時に出ることではなく、片方の動作感覚が反対側の動作感覚を引き込むことを言う。つまり、左足の踏み出しが左手の動きに繋がり、左手の動きが右足の踏み出し、そして右手の動き出しへと連動する、左右の四肢の淀みのない循環動作のことを指している。

松枝ら⁶⁾は、陸上短距離走における二軸トレーニングが走動作に及ぼす影響について研究を行っている。被験者は、陸上未経験者の女性 1 名を対象に、二軸走法のメカニズムおよび利点を定量的に明らかにするための一助を目的として、二軸走法（なんば走り）ドリルトレーニングが走動作（50m走）に及ぼす影響について報告している。データ解析の結果、50m走ではタイムが縮まったこと、ピッチの高まりや骨盤と肩の捻じれ角が小さくなったこと、離地直後、

足を前方方向へ持っていく振り込み方向への股関節反力が大きくなったことなどを報告している。

甲野²³⁾は、なんば走りの有効性について、「なんば走りには体幹の捻じれがなく、走るための全体の流れをスムーズにできるという利点がある。見た目には腕を振っていないが、体の中で振っているという感じですね。一方、左右交互型の走りになると、体の中に捻じれが生じ、それがまた全体の流れの中でブレーキをかけることになる。腕を振ることで、止まる瞬間を作ってしまうわけです。そういう意味で、なんば走りは体の動きを止めない走りということになり、スタミナの省エネにも繋がるわけです」と説明している。

矢野ら²⁰⁾ 織田²⁴⁾は、陸上短距離の末續選手の「ナンバ」の側面を色濃く有した走りについて言及している。矢野²⁰⁾は、末續の特徴は腕の振り方にあり、「両肩をほとんど動かすことなく、肘から先だけを体側面の斜め後方に振り下ろしていることである」と述べている。末續本人²⁵⁾も「腕振りを前後に振るという感覚ではなく、後ろから前に振るという感覚に変えてきました。相撲のテッポウのように腰と一緒に腕を前に送る動きで、“なんば走り”のような力の出し方なので、ナンバ的な腕振りと言ったんです」と述べている。

この様に、同側動作が一部のスポーツ競技において応用されていることも事実である。しかし、そもそもの同側動作を基調とする相撲の押し動作について着目し、その特性を明らかにした研究は行われていない。

2.4 本論文の構成と各章の目的

以上の先行研究の考証より、相撲の基本動作にあたる同側動作に着目した研究は見当たらなかったものの、他のスポーツ競技では、同じ側の手と足を連動させる同側動作や、同側動作を応用した二軸動作についての研究、報告がされていることが明らかとなった。これより、同側動作には何らかの優位性があることが示唆された。また、その優位性は相撲においても当てはまることが推察されたと考え、本論文では2つの研究を行った。

まず【研究1】(第3章)では、鉄砲時における同側動作と、その他動作との衝撃力を比較検討し、その違いを明らかにすることを目的とした。ここでは、同側動作とその他動作が力発揮に及ぼす影響を検討するため、最大衝撃力(ピーク値)及び、力積値について測定を行った。

次に、【研究2】(第4章)では、鉄砲時における同側動作と、その他動作をキネマティクスの的に解析し、動作の特徴にどのような違いがあるのかを明らかにすることを目的とした。関連して、【研究2】では、同側動作の利点についても検討した。

最後の第5章では、本研究についての結論として、総合討議を行った。

第3章 鉄砲時における衝撃力の比較検討【研究1】

3.1 背景と目的

多くのスポーツ種目では、科学的根拠に基づいた研究が行われているなかで、相撲の動作に関する研究は少なく、その基礎動作について明らかになっていることも限定的である。加えて、従来の先行研究によると、相撲の歴史²⁶⁾²⁷⁾²⁸⁾²⁹⁾や競技特性³⁰⁾、怪我³¹⁾³²⁾などについては幅広く研究されているが、相撲特有の同側動作に着目して行った研究は見当たらない。

これらの背景を踏まえ、本研究（研究1）の目的は、鉄砲時における同側動作と、その他動作との力発揮の差異を比較検討することであった。

3.2 方法

3.2.1 被験者

被験者は、早稲田大学体育各部相撲部に所属する男子部員（年齢：21±1.2歳、身長：174.6±4.0 cm、体重：114.4±8.2 kg）の計7名（A,B,C,D,E,F,G）を対象とした。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。その後、研究への参加は個人の自由意思によるものであり、協力への強制は行わないことを強調した上で参加の同意を得た。また、本研究はヒトを対象とした研究であるため、早稲田大学倫理オフィスの規定に基づいて倫理申請を行い、承認【2019-089】を得た後に行った。

3.2.2 場所

早稲田大学所沢キャンパス 100 号館 578 研究室




早稲田大学東伏見キャンパス スポーツホール B1 相撲場

3.2.3 実験期間

2019 年 7 月～2019 年 9 月 3 か月間

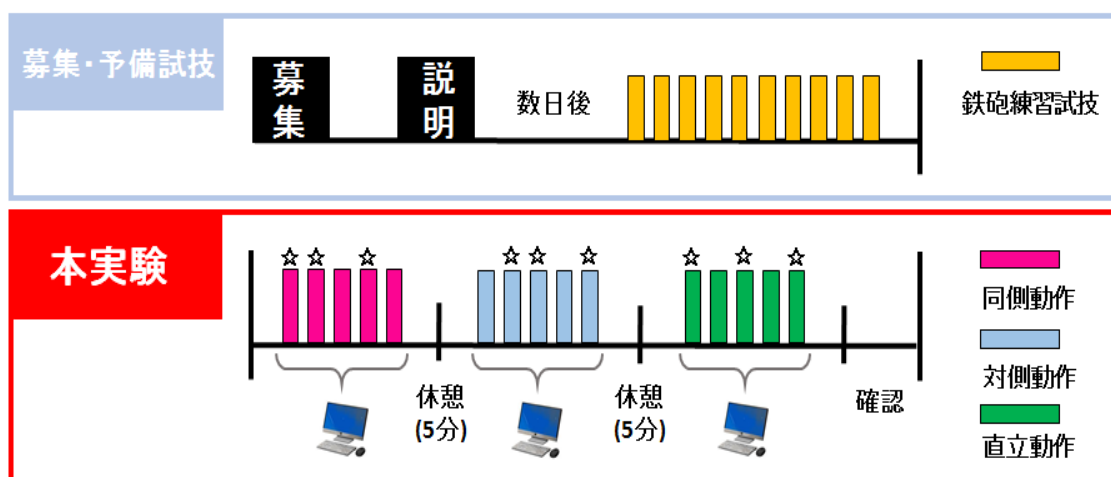
3.2.4 実験設定

本研究では、鉄砲を行う際に、同側動作、対側動作の 2 つの試技に加えて、足運びを要しない押し動作である、直立動作を加えた 3 つの試技で実験を行った。図 1 に、3 試技の特徴を示した。また、それぞれ 3 つの試技は無作為クロスオーバー試験で行った。さらに、本実験に先立ち、被験者が日頃行わない動作に対して抵抗なく行えるよう、事前に練習の機会を設け、実験本番に備えて同側動作、対側動作、直立動作、それぞれの試技を十分に練習させた。その後、数日間を空けて本実験を行った。実験当日は、被験者が相撲場へ集合した後、事前に十分なウォーミングアップを行わせ普段通りの力が発揮できるよう考慮した。被験者には、爪先が前額面上に一直線になるよう指示をし、両足を肩幅程度に開いた自然な立位準備姿勢をとらせた。壁からの距離は約 1m とした。ウォーミングアップ後、被験者には 3 つの試行をそれぞれ 5 回ずつ行うように指示をした。その際、各試技と試技の間には十分な休息時間を設け、被験者の疲労に配慮した（図 2）。

同側動作	対側動作	直立動作
		
手の動き: <u>左</u> 足の動き: <u>左</u> 同じ側の手足が連動	手の動き: <u>左</u> 足の動き: <u>右</u> 手と反対側の足が連動	手の動き: <u>左</u> 足の動き: なし 足を使わず手のみ

※ 左手を基準とした時の動作を示している

図 1：各試技の特徴説明



☆：計5回測定し、最大値と最小値を除いた3つの値を採用した。

図 2：実験 1 プロトコル

3.2.5 動作の定義

本研究では、針ヶ谷の著書⁹⁾を参考に、相撲の鉄砲について「腰を落とし、脇をしめた状態で、足運びとともに突き押しを行い、壁に手が接着してから押し戻しを行うまでの動作」と定義し、2秒間に1回のリズムで行うよう指示をした。その際、メトロノームを用いてすべての試技のリズムが合わせられるよう考慮した。

本実験では、鉄砲時における同側動作、対側動作、直立動作の3つの試技に対して、①動作を開始してから壁に手が接着するまでの局面、②壁に手が接着してから元の位置に押し戻すまでの局面、③として、①・②を合わせた一連動作の局面とし、3つに区分してそれぞれの局面を「①突押局面」、「②押戻局面」、「③一連局面」と定義した。図3で局面分けの定義について詳しく示す。

鉄砲は、同側動作、対側動作、直立動作の3試行でそれぞれ5回ずつ計15回行い、最大値と最小値を除く3つの値の平均値を採用した。

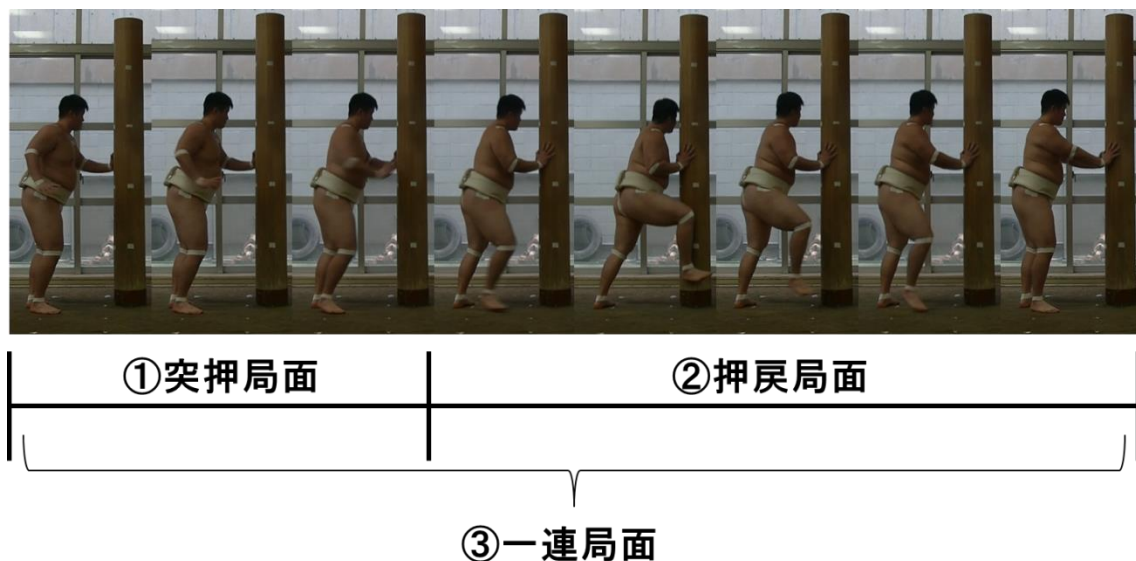


図3：局面分けの定義

3.2.6 計測方法

衝撃力の測定は、4つの小型フォースプレート（株式会社テック技販製）をそれぞれ組み合わせて1つの計測器具を自作して行った。フォースプレートは相撲場の壁に設置した。水平（前後）分力が記録できるように設定し、力曲線を導出した。フォースプレートによって導出された波形をAD変換させ、マイクロコンピュータへ取り込んだ。測定項目は、壁への最大衝撃力および、各局面における力積値とした。ただし、力積値については体重の影響を除くために、体重あたりの力積値を算出した。算出された力波形の一例と局面分けについて、図4に示す。なお、計測器具の詳細については図5に、計測風景については図6に示す。

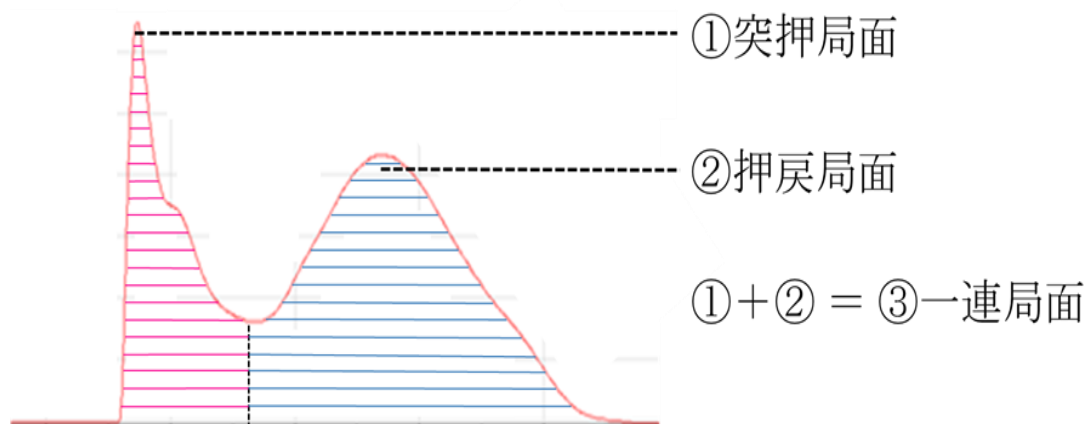


図4：力波形の一例および局面分け

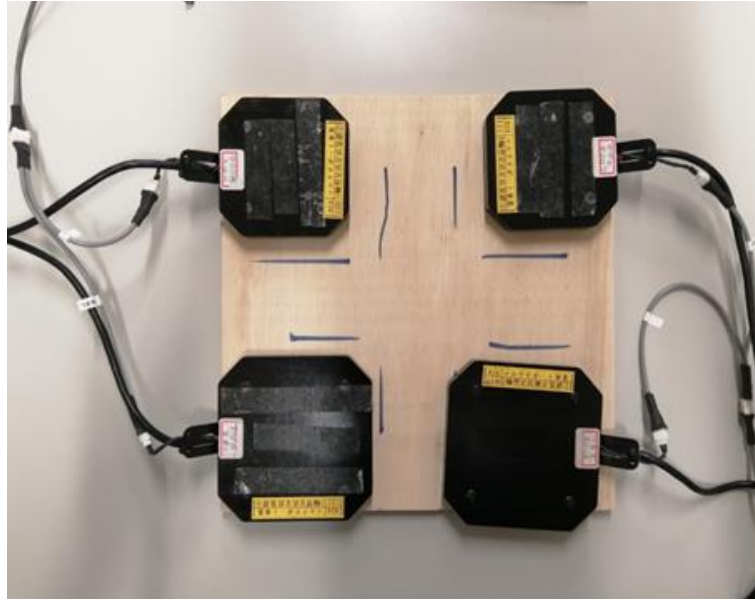


図 5：自作した計測器具

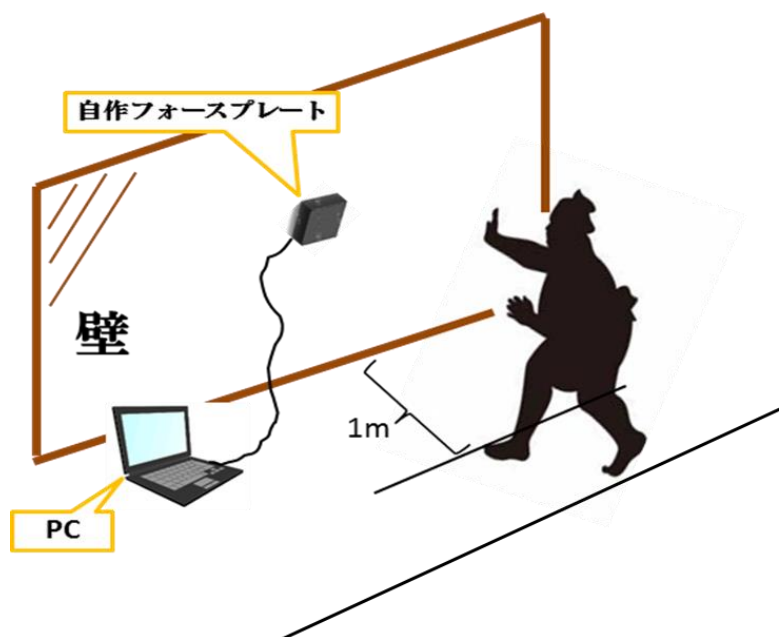


図 6：計測風景

3.2.7 データ処理

測定値は、平均値と標準偏差で示した。各試行における最大衝撃力、及び各局面における力積値を比較するため、対応のある一元配置の分散分析を行った。有意な主効果が認められた場合は、**Bonferroni** の事後検定により各試行間の比較を行った。有意水準は危険率 5%未満とした。全ての統計解析は、SPSS (IBM 社製 SPSS Statistics 25) を用いて行った。

3.3 結果

3.3.1 各動作における最大衝撃力の比較

鉄砲における各動作の最大衝撃力について比較検討を行った。同側動作における各被験者（A,B,C,D,E,F,G の順）の値は、575.7N, 416.0N, 336.7N, 379.3N, 275.7N, 404.3N, 400.7N, 対側動作では、569.7N, 393.3N, 317.3N, 428.0N, 253.3N, 292.3N, 395.3N, 直立動作では、617.3N, 432.0N, 290.0N, 383.7N, 327.7N, 304.3N, 378.0N であった。また、被験者それぞれの平均値は、 $398.3 \pm 85.4\text{N}$, $378.5 \pm 97.4\text{N}$, $390.4 \pm 103.4\text{N}$ であった。各被験者の最大衝撃力については表 1 に示す。

各被験者の、同側動作、対側動作、直立動作における最大衝撃力に対して、対応のある一元配置の分散分析を行った。分析の結果、各動作間においていずれも主効果は認められなかったことから、各動作間の最大衝撃力に差は見られなかった。表 2 に検定の分散分析表、図 7 に各動作における最大衝撃力のグラフを示す。

表 1：各試技における最大衝撃力（単位：N）

被験者	同側動作	対側動作	直立動作
A	575.7	569.7	617.3
B	416.0	393.3	432.0
C	336.7	317.3	290.0
D	379.3	428.0	383.7
E	275.7	253.3	327.7
F	404.3	292.3	304.3
G	400.7	395.3	378.0
平均値	398.3	378.5	390.4
標準偏差	85.4	97.4	103.4

表 2：最大衝撃力における分散分析表

変動因	平方和 (ss)	自由度 (df)	平均平方 (MS)	F値	有意確率
試技	1403.250	2	701.625	0.601	0.564
被験者	178202.638	6	29700.400		
誤差	14006.830	12	1167.236		
全体	193612.718	20	31569.261		

* : $P < 0.05$

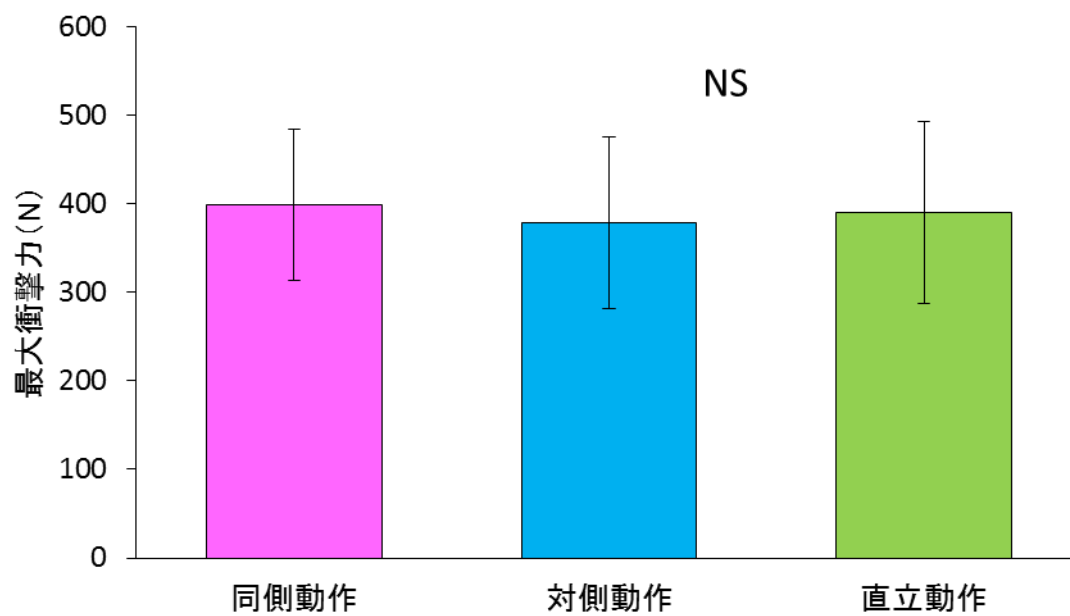


図 7：各動作における最大衝撃力

3.3.2. 各動作における力積値の比較

各局面、①突押局面、②押戻局面、③一連局面、以上 3 つの局面に分け、各動作における力積値の比較検討を行った。同側動作時の突押局面における各被験者（A,B,C,D,E,F,G の順）の値は、 $0.54\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $0.50\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $0.70\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $0.97\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $0.91\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $0.16\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $0.43\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, 押戻局面では、 $1.05\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.85\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.37\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.20\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.43\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $2.36\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $2.55\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, 一連局面では、 $1.59\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $2.36\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $2.07\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $2.18\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $2.34\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $2.51\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $2.98\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$ であった。

対側動作時の突押局面では、 $0.42\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $0.44\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $0.40\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $0.57\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $0.71\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $0.15\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $0.57\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, 押戻局面では、 $1.00\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.70\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.08\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.51\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $0.97\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.55\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $2.07\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, 一連局面では、 $1.42\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $2.14\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.48\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $2.08\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.68\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.70\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $2.64\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$ であった。

直立動作時の突押局面では、 $0.53\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $0.60\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $0.51\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.14\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $0.77\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $0.29\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $0.77\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, 押戻局面では、 $0.72\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $0.60\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.15\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.01\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.06\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.33\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.54\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, 一連局面では、 $1.25\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.75\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.66\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $2.15\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.83\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.62\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $2.31\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$ であった。

また、それぞれの平均値、 $0.60\pm0.26\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.69\pm0.54\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $2.29\pm0.39\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $0.46\pm0.16\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.41\pm0.38\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.88\pm0.40\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $0.66\pm0.25\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.06\pm0.30\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$, $1.80\pm0.33\text{N}\cdot\text{s}/\text{kg}$ であった。各被験者の力積値については表 3 に示す。

各被験者の、同側動作、対側動作、直立動作における力積値に対して、対応のある一元配置の分散分析を行った。分析の結果、突押局面において主効果は認められたが、各動作間においていずれも有意な差は見られなかった。表 4 に

検定の分散分析表，図 8 に突押局面における力積値のグラフを示す．

押戻局面において，同側動作と直立動作の間で有意な差が認められる結果となった（ $p<0.05$ ）．また，同側動作と対側動作，対側動作と直立動作の間では有意な差は見られなかった．表 5 に検定の分散分析表，図 9 に押戻局面における力積値のグラフを示す．

一連局面においては，同側動作が対側動作，直立動作に対して有意な差を示す結果となった（ $p<0.05$ ）．また，対側動作と直立動作の間に有意な差は見られなかった．表 6 に検定の分散分析表，図 10 に一連局面における力積値のグラフを示す．

表 3：各試技における力積値（単位：N・sec / kg）

被験者	同側動作			対側動作			直立動作		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③
A	0.54	1.05	1.59	0.42	1.00	1.42	0.53	0.72	1.25
B	0.50	1.85	2.36	0.44	1.70	2.14	0.60	0.60	1.75
C	0.70	1.37	2.07	0.40	1.08	1.48	0.51	1.15	1.66
D	0.97	1.20	2.18	0.57	1.51	2.08	1.14	1.01	2.15
E	0.91	1.43	2.34	0.71	0.97	1.68	0.77	1.06	1.83
F	0.16	2.36	2.51	0.15	1.55	1.70	0.29	1.33	1.62
G	0.43	2.55	2.98	0.57	2.07	2.64	0.77	1.54	2.31
平均値	0.60	1.69	2.29	0.46	1.41	1.88	0.66	1.06	1.80
標準偏差	0.26	0.54	0.39	0.16	0.38	0.40	0.25	0.30	0.33

※ ①:突押局面 ②:押戻局面 ③:一連局面

表 4：突押局面における分散分析表

変動因	平方和 (ss)	自由度 (df)	平均平方 (MS)	F値	有意確率
試技	0.139	2	0.069	4.326	0.038*
被験者	0.911	1	6.957	45.800	
誤差	0.192	12	0.016		
全体	1.242	15	7.042		

* : $P < 0.05$

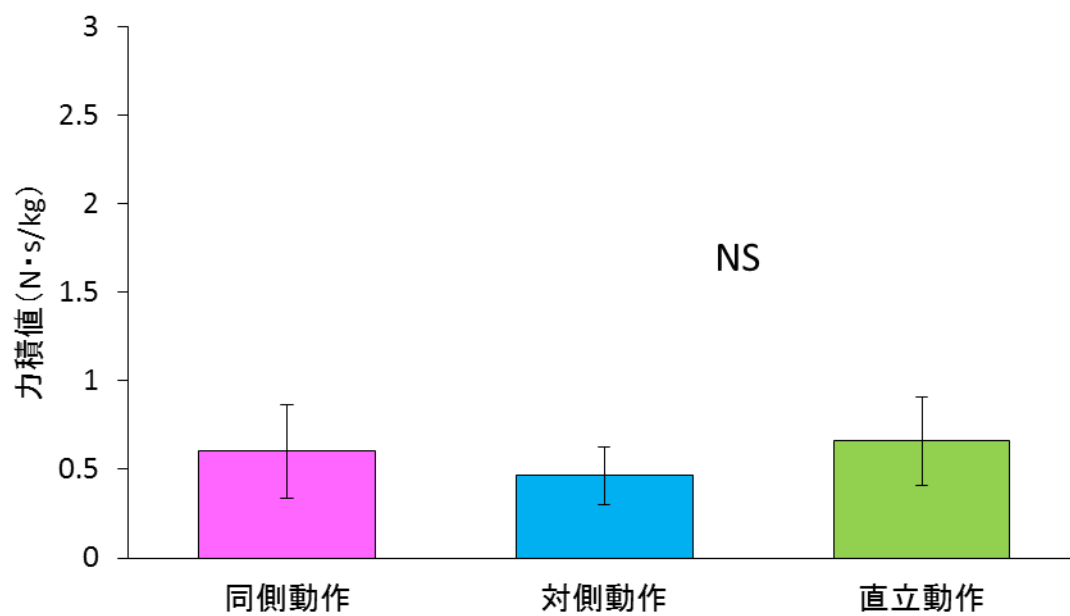


図 8：突押局面における各試技の力積値

表 5：押戻局面における分散分析表

変動因	平方和 (ss)	自由度 (df)	平均平方 (MS)	F値	有意確率
試技	1.391	2	0.696	8.406	0.01 [*]
被験者	2.705	6	0.451		
誤差	0.993	12	0.830		
全体	5.089	20	1.977		

* : $P < 0.05$

* : 同側動作 vs 直立動作, $p < 0.05$

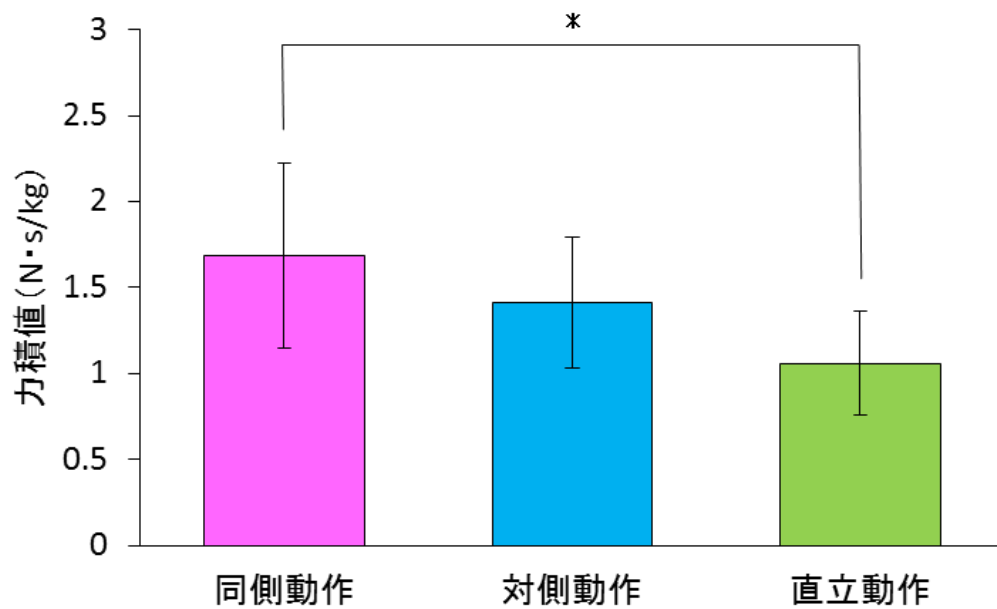


図 9：押戻局面における各試技の力積値

表 6：一連局面における分散分析表

変動因	平方和 (ss)	自由度 (df)	平均平方 (MS)	F値	有意確率
試技	0.981	2	0.491	14.675	0.01 [*]
被験者	2.551	6	0.425		
誤差	0.401	12	0.033		
全体	3.933	20	0.949		

* : $P < 0.05$

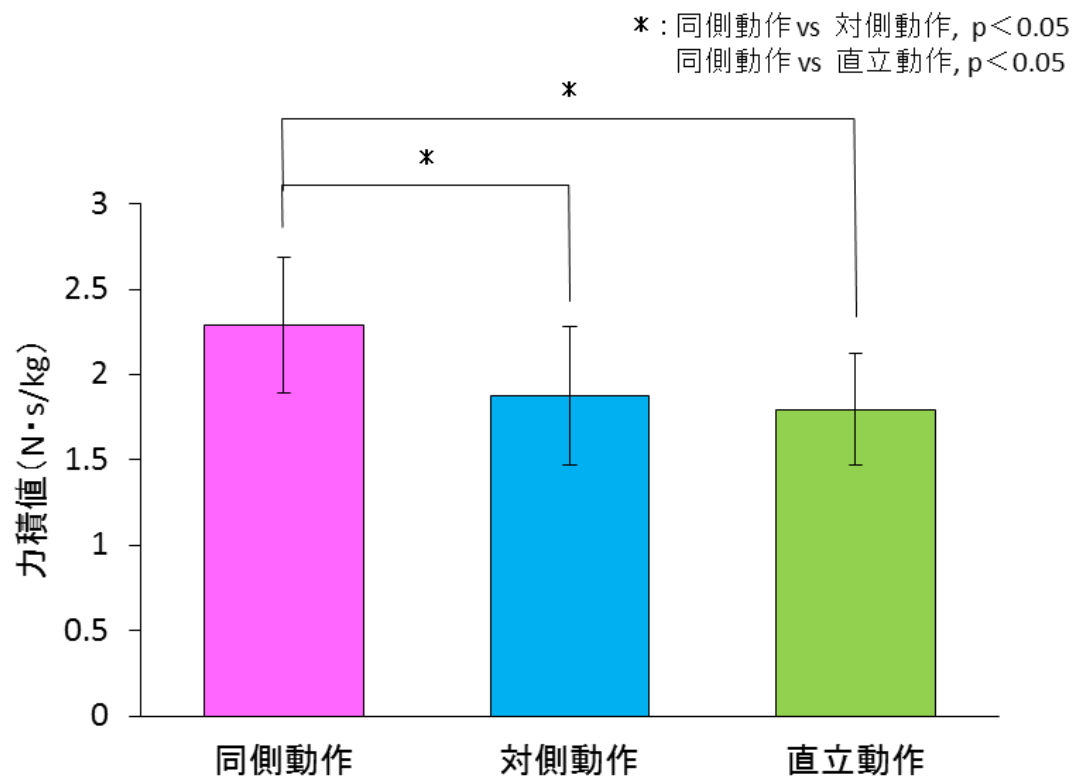


図 10：一連局面における各試技の力積値

3.4 考察

3.4.1. 鉄砲時の最大衝撃力について

本研究では、各被験者の同側動作、対側動作、直立動作における最大衝撃力について、対応のある一元配置の分散分析を行い検討した。同側動作、対側動作、直立動作それぞれの平均値は、 $398.3 \pm 85.4\text{N}$ 、 $378.5 \pm 97.4\text{N}$ 、 $390.4 \pm 103.4\text{N}$ であり、有意な差は見られなかった。相撲では他のスポーツ競技と異なり、同側動作が取り入れられている故に、一回の瞬発力においても同側動作で行う鉄砲の値が、その他動作に対して有意に大きな値を示すことが予想されたが、本研究では有意な差は認められない結果となった。その理由としては、以下に述べる鉄砲の特徴ある動作自体に起因していると考えられる。

鉄砲とは、本来最大の力を発揮するための練習ではない。桑森³³⁾は、鉄砲とは様々な要素の機能を高める（スポーツ・スペシフィック）トレーニングと考えることができると指摘している。基礎練習の一つである四股と同様に、何十回も行う鉄砲では一回一回を最大で行うのではなく、自身の体重を一度鉄砲柱に預けそれを腕の筋力で押し戻す、言わば腕立て伏せの動きに近い練習である。そのため、本研究では、足運びの違いが結果には反映されなかったと考えられる。

3.4.2. 鉄砲時の力積値について

本研究では、同側動作、対側動作、直立動作の各局面における力積値について、対応のある一元配置の分散分析を行い検討した。その結果、一連局面での同側動作、対側動作、直立動作、それぞれの平均値は、 $2.29 \pm 0.39 \text{ N} \cdot \text{s/kg}$, $1.73 \pm 0.65 \text{ N} \cdot \text{s/kg}$, $1.80 \pm 0.33 \text{ N} \cdot \text{s/kg}$ であり、同側動作で行う鉄砲の力積値が、対側動作、直立動作に対して有意に高値を示す結果となった。各局面で見ると、突押局面の力積値には有意な差が見られず、押戻局面の力積値は同側動作が直立動作よりも高値を示したのみであったが、一連局面では同側動作の力積値がその他動作と比較して最も大きな値を示した。この結果から、同側動作で行う鉄砲は、衝撃力の大きさにおいて優位な点があると考えられる。

桑森³³⁾は、相撲で相手を押すときの姿勢について、背中を丸くすることの重要性を指摘している。多くのスポーツ種目において、胸を張り、体幹を固めてパワーポジションの姿勢を作ることが力を発揮するうえで重要であるとされている。しかし、相撲では背中を丸めて腕をつっかい棒のように使うことで、足と腰の力を手のひらに伝えることができ、強い力で相手を押すことができると述べている。

また桑森³³⁾は、腕の力だけでなく足と腰の力を相手に伝える動き方について、背中を丸めて土俵を斜め後ろ方向に踏みつけることで、土俵から得た反力を足、体幹、前腕、手のひら、相手へと伝達させることができるため、肘を体幹にくっつけて押すことが重要であると報告している。

以上より、同側動作で行う鉄砲は、地面から得た力を足、体幹、前腕、手のひら、壁へと伝えることができる効果的な押し動作であると考えられる。

3.5 結論

本研究の結果から，鉄砲時における同側動作は，対側動作，直立動作と比較して，衝撃力（力積値からみた）において優位性があると明らかとなった．最大衝撃力（力のピーク値からみた）においては差が見られなかった．

第4章 鉄砲時におけるキネマティクスの解析【研究2】

4.1 背景と目的

これまで、相撲特有の同側動作に着目して行った研究が見当たらないことは既に述べてきた通りである。【研究1】では、鉄砲時における同側動作、対側動作、直立動作を、衝撃力の観点から比較検討し、同側動作が相手に力を伝えることにおいて有意な差を示したことを明らかにした。しかしながら、同側動作が有意な値を示す結果となった要因については、ここまで明確にできていない。

本研究では、鉄砲時における同側動作と、その他動作をキネマティクスの解析し、各動作の特徴にどのような違いがあるのかを明らかにすることであった。

4.2 方法

4.2.1 被験者

早稲田大学体育各部相撲部に所属する部員(年齢:21±1.2歳, 身長:176.3±1.7cm, 体重:116.9±6.4kg)の計3名(H,I,J)を対象とした。被験者には、本研究の目的と実験方法、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。その後、研究への参加は個人の自由意思によるものであり、協力への強制は行わないことを強調した上で参加の同意を得た。また、倫理申請については【研究1】と同様である。

4.2.2 場所

早稲田大学所沢キャンパス 100号館 578研究室

早稲田大学東伏見キャンパス スポーツホール B1 相撲場

4.2.3 実験期間

2019 年 10 月～2019 年 12 月 3 か月間

4.2.4 実験設定

キャリブレーションは、事前に 2m のキャリブレーションポールを撮影範囲（図 11）内に垂直に立て撮影し、較正を行った。分析対象の空間（X 方向×Y 方向×Z 方向：1.5 m×1.5 m×2.0 m）を網羅するように設置した 144 個のコントロールポイントを映し込んだ映像を使用した。本測定のキャリブレーションの誤差は、X 方向が 0.018m、Y 方向が 0.012m、Z 方向が 0.008m であり、測定範囲に対して 0.5% 以下の十分に小さい値であった。用いた座標系は被験者の前後後方を X 軸（被験者の前方向を正）、左右方向を Y 軸（被験者の右方向を正）、及び上下方向を Z 軸（鉛直上向きを正）とした。

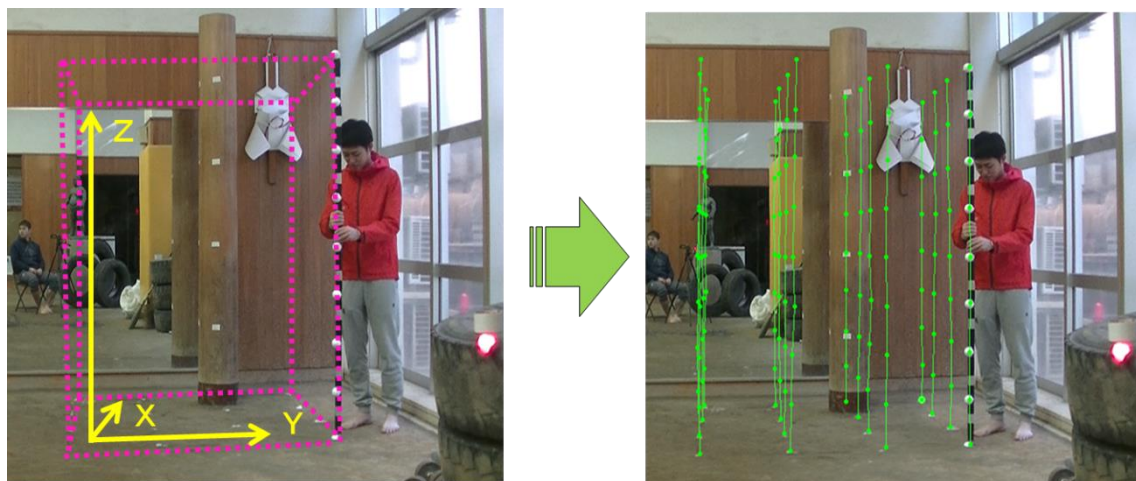


図 11：キャリブレーション撮影範囲

本研究では、相撲場に設置されている鉄砲柱に向かって、同側動作、対側動作、直立動作、以上の 3 つの試技で実験を行うことにした。被験者が相撲場へ集合した後、事前に十分なウォーミングアップを行わせ、普段通りの力が発揮できるよう考慮した。被験者には、爪先が前額面上に一直線になるよう指示をし、両足を肩幅程度に開いた自然な立位準備姿勢をとらせた。鉄砲柱からの距離は約 1 m とした。ウォーミングアップ後、被験者には 3 つの試技をそれぞれ 5 回ずつ行うように指示をした。また、今回は実験環境の都合から左側を基準としたため、同側動作では左手と左足、対側動作では左手と右足とした。各試技と試技の間には十分な休息時間を設け、被験者の疲労に配慮した。測定では、被験者が行った各試技 5 回のうち、中間にあたる 3 回目の試技を分析対象とした（図 12）。

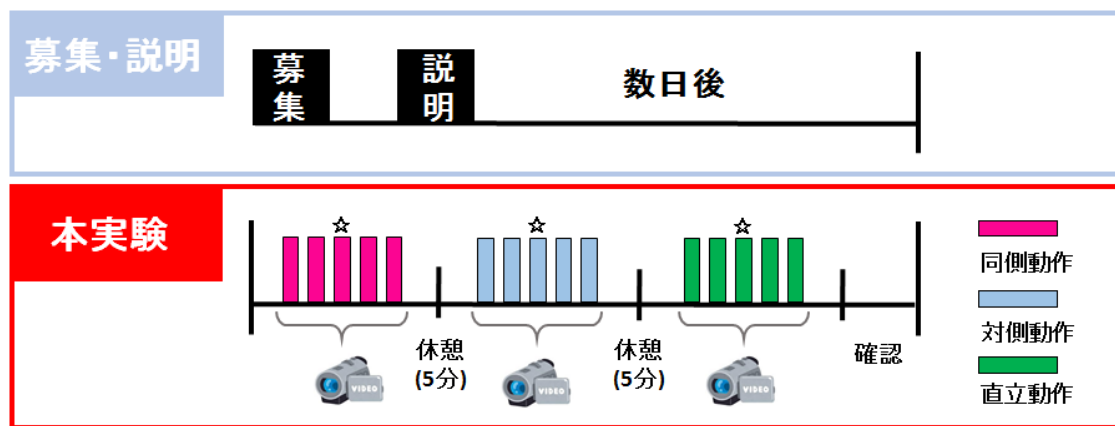


図 12：実験 2 プロトコル

試技の撮影は、ビデオカメラを用いて行った。ビデオカメラは、被験者の左方向（真横）の位置に 1 台、左斜め後方 45 度の位置に 1 台、被験者の真後ろの位置に 1 台の計 3 台を配置した。ビデオカメラの高さは全て 1.0m に設定した。被験者までの距離は全て約 5m の等間隔とし、被験者がすべて収まるように位置の微調整を行った。ビデオカメラの配置については、図 13 に詳細に示す。

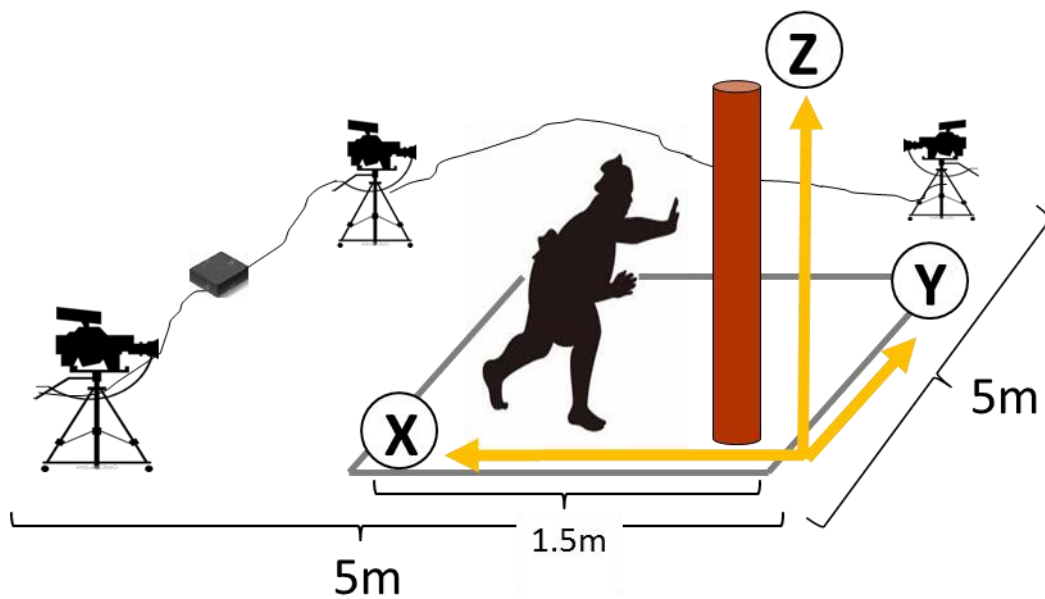


図 13：ビデオカメラ配置位置

4.2.5 計測方法

身体の計測点は、阿江ら³⁴⁾を参考に1コマごと身体に各22点（頭頂、右耳珠、左耳珠、胸骨上縁、右肩峰、右肘、右手首、右手先、左肩峰、左肘、左手首、左手先、右大転子、右膝、右足首、右踵、右つま先、左大転子、左膝、左足首、左踵、左つま先）をデジタイズし（図14）、3次元DLT法によって位置座標を算出した。その後、各点における3次元位置座標の時間変化を得て解析を行った。座標の時間変化は、遮断周波数を6Hzで平滑化した。各試技の記録範囲は、動作開始から手が柱に接着し、押し戻しを行い元の位置に戻るまでとした。

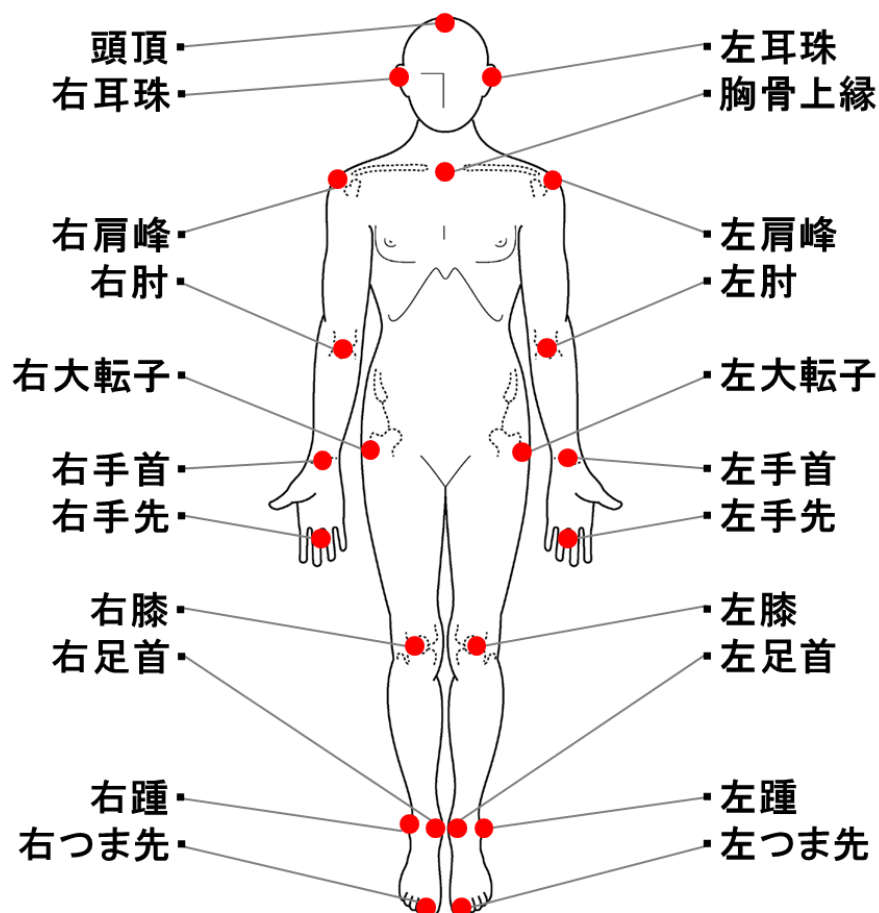


図14：デジタイズ身体ポイント22点

4.2.6 データ処理

全ての統計解析は、3次元動作解析ソフトウェア（DKH 社製 Frame-DIAS V）を用いて行った。信号の同期には LED 型シンクロナイザ（DKH 社製）を用いた。また、今回の実験では各動作を、突押期、維持期、押戻期、3つの時点に分け、それぞれの時間を 100%に規格化した後比較検討を行った。3つの時点分けについては後に詳しく説明する。

4.3 解析

4.3.1 動作様式の定義

本研究では、鉄砲動作を細かく解析するため、動作様式を以下 3 つの時点に分け、再度詳細に定義づけを行った。はじめに、運び足と同時に手を振り出し、手が柱に着くまでを「①突押し期」とした。次に、手が柱に接着してから身体の全体重を柱に預け、押し戻しの動作が始まるまでを「②維持期」とした。最後に、押し戻し動作が始まってから元のスタート位置へ戻るまでを「③押し戻期」とした。また、動作様式を決める際の基準として、被験者の左右踵、並びに左右手先を Z 軸の位置座標ポイントに基づいて定義づけを行った。動作様式の定義については、以下の図 15 に示す。

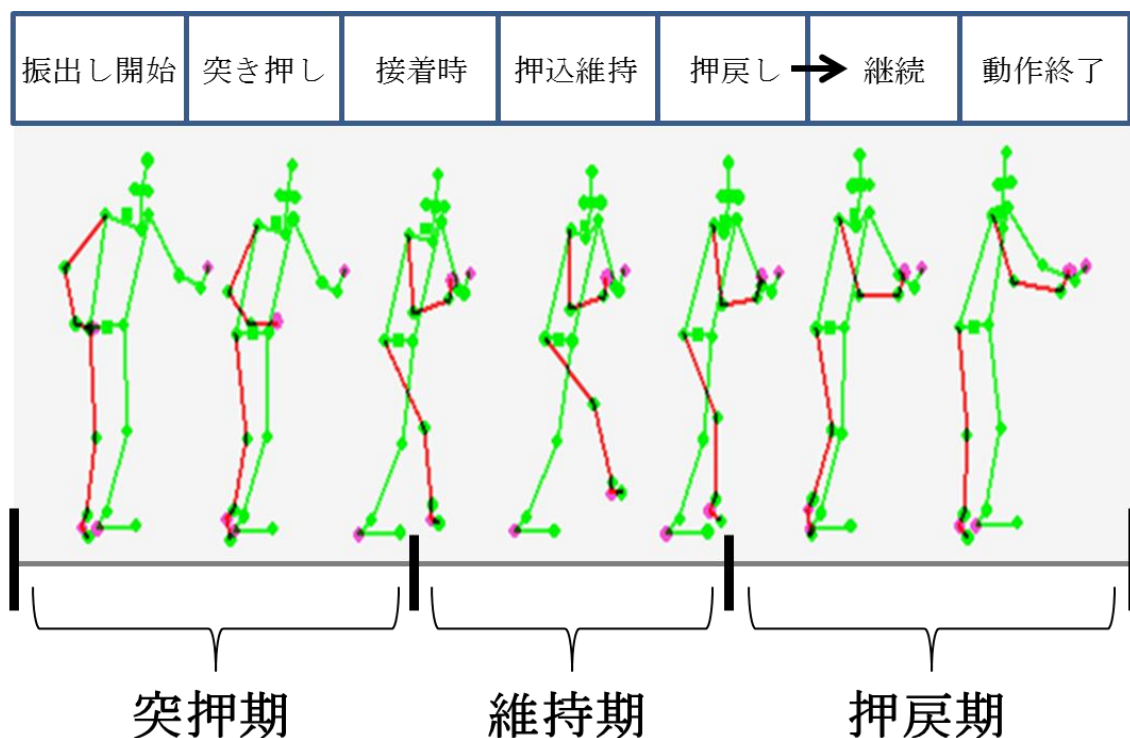


図 15：動作様式時点分け定義

4.3.2 測定項目

以下, 4 つの項目について解析を行った.

- 1) 各動作の左右方向における身体重心の変位
- 2) 各動作の上下方向における身体重心の変位
- 3) 各動作の体幹傾斜角度
- 4) 各動作の身体捻転角度

今回の実験では, 全身の位置座標ポイント 22 点をもとに, 1) 左右方向, 2) 上下方向の身体重心を算出した (図 16) . 3) 体幹傾斜角度については, 胸骨上縁と大転子中点を結んだ結線と地面である XZ 平面とが交わる角度から算出した (図 17) . 4) 身体捻転角度については, 左右の肩峰を結んだ結線と, 左右大転子を結んだ結線との交わる角度を XY 平面から算出した (図 18) . また, 各視点の補足について, 以下の図 19 に示す.

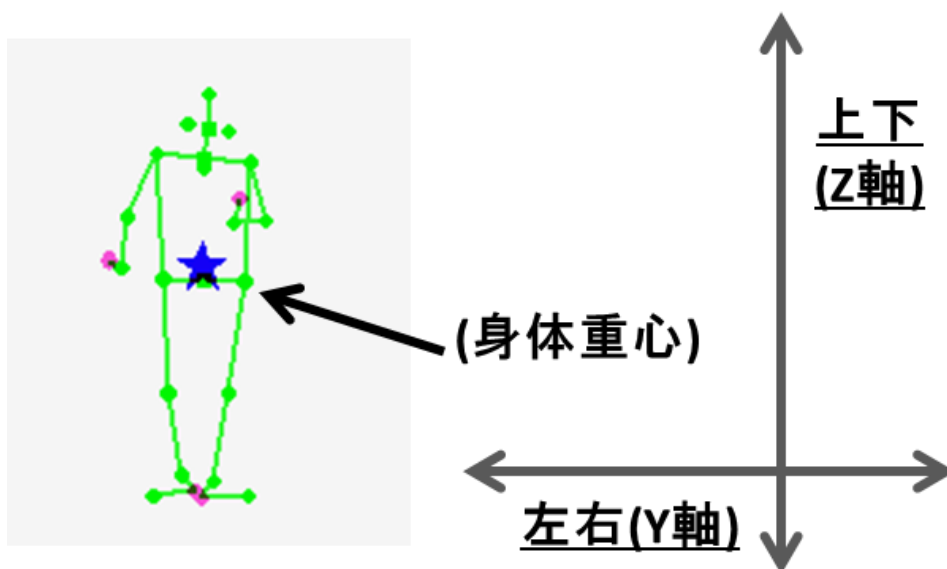


图 16：身体重心位置

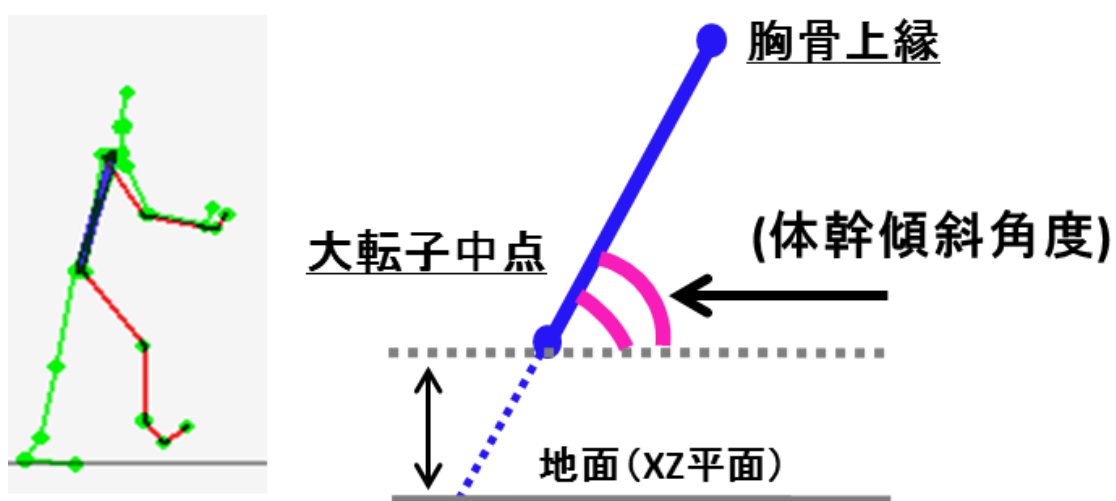


图 17：体幹傾斜角度

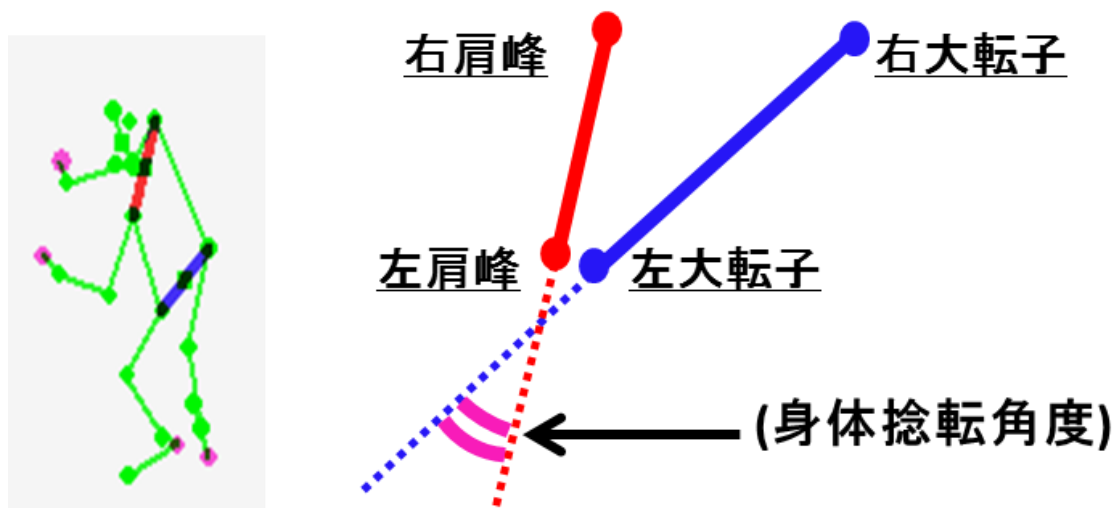


図 18：身体捻転角度

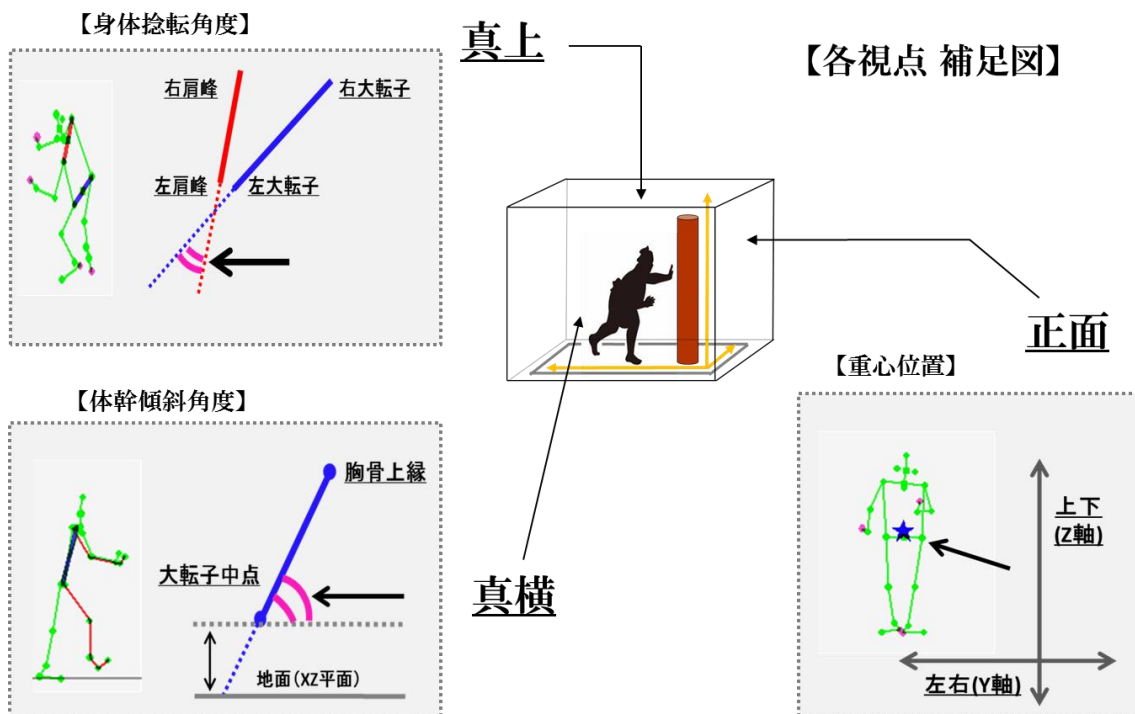


図 19：各視点の補足図

4.4 結果

4.4.1 各動作の左右方向における身体重心の変位比較

ア) 被験者 H の左右方向 (Y 軸) における重心の位置を示す。なお、スタート時点の位置を 0mm とし、右方向への重心移動を (+)、左方向への重心移動を (-) で示している。

突押期での同側動作の最大値は 19.57mm、最小値は 0.00mm、対側動作での最大値は 0.00mm、最小値は-31.94mm、直立動作での最大値は 0.12mm、最小値は-13.37mm であった。維持期での同側動作の最大値は 27.82mm、最小値は 15.38mm、対側動作での最大値は-34.78mm、最小値は-49.18mm、直立動作での最大値は-15.01mm、最小値は-35.31mm であった。押戻期での同側動作の最大値は 22.76mm、最小値は 6.45mm、対側動作での最大値は-37.80mm、最小値は-48.95mm、直立動作での最大値は-8.15mm、最小値は-35.54mm であった。全体での重心移動範囲は、同側動作で 27.82mm、対側動作で 49.18mm、直立動作で 35.66mm であった。それぞれの数値については表 7 に示した。また、全体のグラフを図 20 に示す。

表 7：被験者 H の左右方向身体重心位置 (単位：mm)

		同側動作	対側動作	直立動作
突押期	最大値	19.57	0.00	0.12
	最小値	0.00	-31.94	-13.37
維持期	最大値	27.82	-34.78	-15.01
	最小値	15.38	-49.18	-35.31
押戻期	最大値	22.76	-37.80	-8.15
	最小値	6.45	-48.95	-35.54
全体	最大値	27.82	0.00	0.12
	最小値	0.00	-49.18	-35.54
	移動範囲	27.82	49.18	35.66

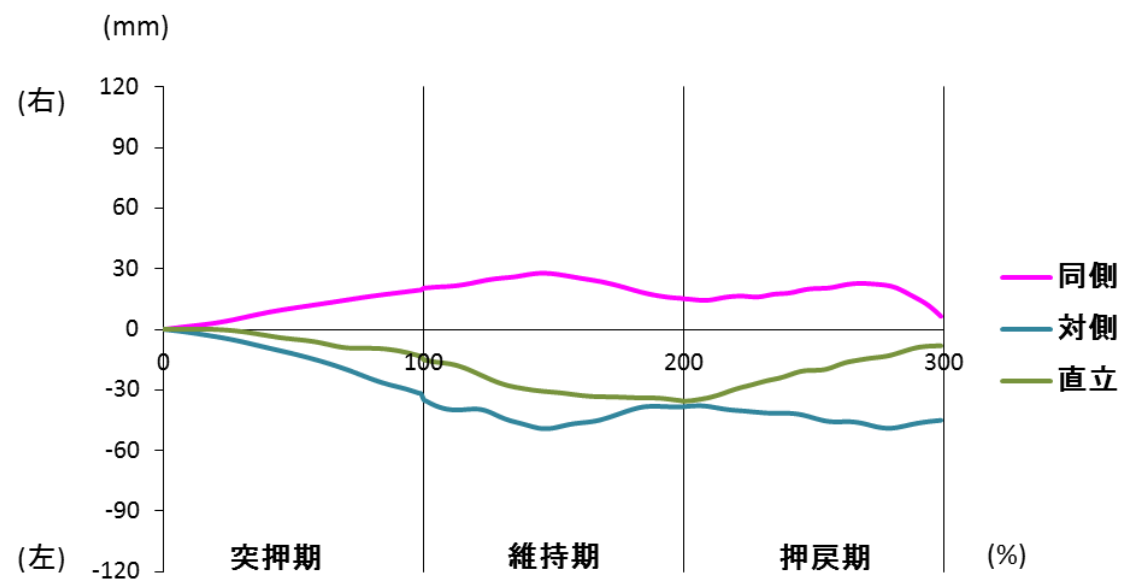


図 20：被験者 H の左右方向身体重心変位（全体）

イ) 被験者 I の左右方向 (Y 軸) における重心の位置を示す. なお, スタート時点の位置を 0mm とし, 右方向への重心移動を (+), 左方向への重心移動を (-) で示している.

突押期での同側動作の最大値は 63.27mm, 最小値は 0.00mm, 対側動作での最大値は 0.00mm, 最小値は-82.46mm, 直立動作での最大値は 0.00mm, 最小値は-6.54mm であった. 維持期での同側動作の最大値は 78.51mm, 最小値は 69.05mm, 対側動作での最大値は-85.32mm, 最小値は-94.35mm, 直立動作での最大値は 1.59mm, 最小値は-5.00mm であった. 押戻期での同側動作の最大値は 89.97mm, 最小値は 76.08mm, 対側動作での最大値は-79.89mm, 最小値は-102.61mm, 直立動作での最大値は 1.55mm, 最小値は-8.88mm であった. 全体での重心移動範囲は, 同側動作で 89.97mm, 対側動作で 102.61mm, 直立動作で 10.47mm であった. それぞれの数値については表 8 に示した. また, 全体のグラフを図 21 に示す.

表 8 : 被験者 I の左右方向身体重心位置 (単位 : mm)

		同側動作	対側動作	直立動作
突押期	最大値	63.27	0.00	0.00
	最小値	0.00	-82.46	-6.54
維持期	最大値	78.51	-85.32	1.59
	最小値	69.05	-94.35	-5.00
押戻期	最大値	89.97	-79.89	1.55
	最小値	76.08	-102.61	-8.88
全体	最大値	89.97	0.00	1.59
	最小値	0.00	-102.61	-8.88
	移動範囲	89.97	102.61	10.47

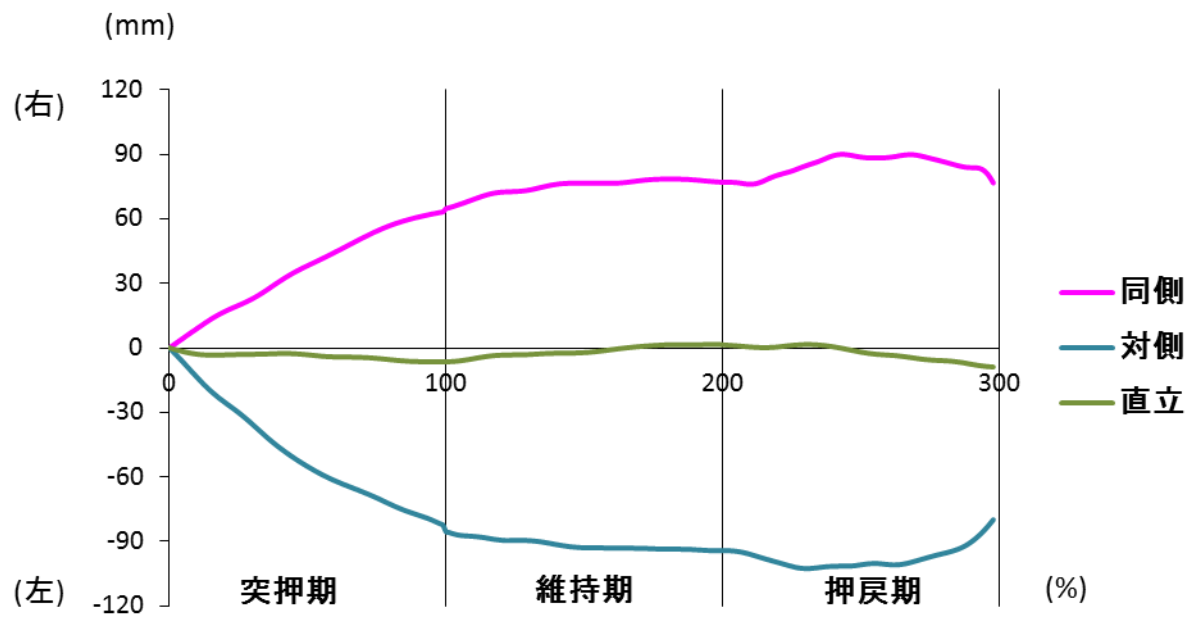


図 21 : 被験者 I の左右方向身体重心変位 (全体)

ウ) 被験者 J の左右方向 (Y 軸) における重心の位置を示す. なお, スタート時点の位置を 0mm とし, 右方向への重心移動を (+), 左方向への重心移動を (-) で示している.

突押期での同側動作の最大値は 34.10mm, 最小値は 0.00mm, 対側動作での最大値は 0.00mm, 最小値は-54.35mm, 直立動作での最大値は 2.30mm, 最小値は-1.11mm であった. 維持期での同側動作の最大値は 32.69mm, 最小値は 15.65mm, 対側動作での最大値は-55.51mm, 最小値は-66.76mm, 直立動作での最大値は 5.21mm, 最小値は 0.46mm であった. 押戻期での同側動作の最大値は 14.22mm, 最小値は-24.63mm, 対側動作での最大値は-43.28mm, 最小値は-66.30mm, 直立動作での最大値は 5.51mm, 最小値は-4.67mm であった. 全体での重心移動範囲は, 同側動作で 58.73mm, 対側動作で 66.76mm, 直立動作で 10.18mm であった. それぞれの数値については表 9 に示した. また, 全体のグラフを図 22 に示す.

表 9 : 被験者 J の左右方向身体重心位置 (単位 : mm)

		同側動作	対側動作	直立動作
突押期	最大値	34.10	0.00	2.30
	最小値	0.00	-54.35	-1.11
維持期	最大値	32.69	-55.51	5.21
	最小値	15.65	-66.76	0.46
押戻期	最大値	14.22	-43.28	5.51
	最小値	-24.63	-66.30	-4.67
全体	最大値	34.10	0.00	5.51
	最小値	-24.63	-66.76	-4.67
	移動範囲	58.73	66.76	10.18

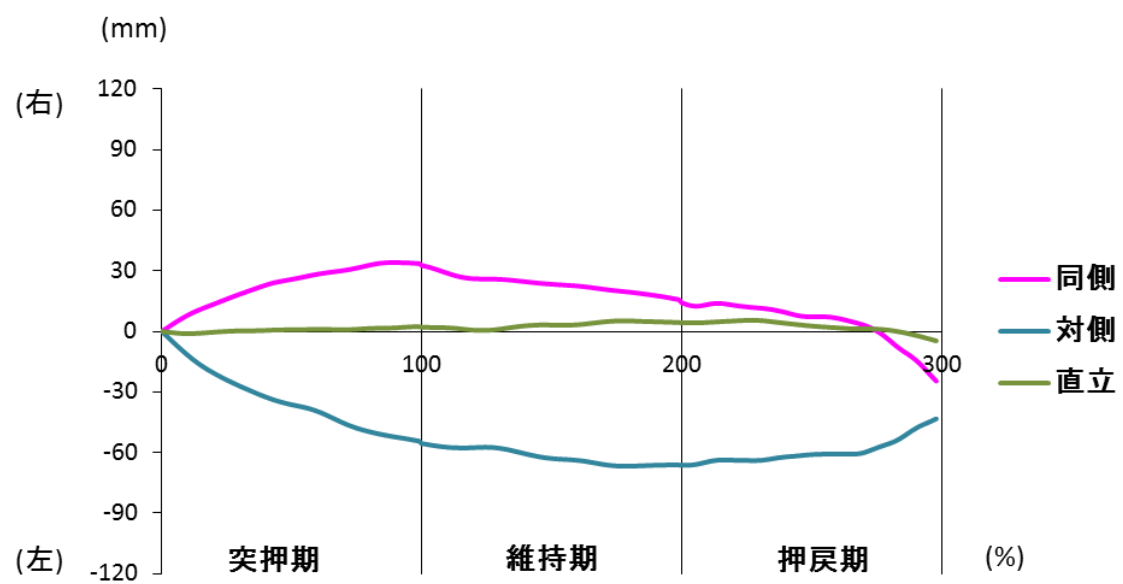


図 22：被験者 J の左右方向身体重心変位（全体）

4.4.2 各動作の上下方向における身体重心の変位比較

ア) 被験者 H の上下方向 (Z 軸) における重心の位置を示す.

突押期での同側動作の最大値は 1023.39mm, 最小値は 1015.25mm, 対側動作での最大値は 1032.67mm, 最小値は 1017.44mm, 直立動作での最大値は 1026.90mm, 最小値は 1015.58mm であった. 維持期での同側動作の最大値は 1038.30mm, 最小値は 1014.16mm, 対側動作での最大値は 1042.26mm, 最小値は 1012.22mm, 直立動作での最大値は 1014.44mm, 最小値は 997.64mm であった. 押戻期での同側動作の最大値は 1054.33mm, 最小値は 1040.20mm, 対側動作での最大値は 1053.82mm, 最小値は 1042.65mm, 直立動作での最大値は 1031.18mm, 最小値は 997.88mm であった. 全体での重心移動範囲は, 同側動作で 40.17mm, 対側動作で 41.60mm, 直立動作で 33.54mm であった. それぞれの数値については表 10 に示した. また, 全体のグラフを図 23 に示す.

表 10 : 被験者 H の上下方向身体重心位置 (単位 : mm)

		同側動作	対側動作	直立動作
突押期	最大値	1023.39	1032.67	1026.90
	最小値	1015.25	1017.44	1015.58
維持期	最大値	1038.30	1042.26	1014.44
	最小値	1014.16	1012.22	997.64
押戻期	最大値	1054.33	1053.82	1031.18
	最小値	1040.20	1042.65	997.88
全体	最大値	1054.33	1053.82	1031.18
	最小値	1014.16	1012.22	997.64
	移動範囲	40.17	41.60	33.54

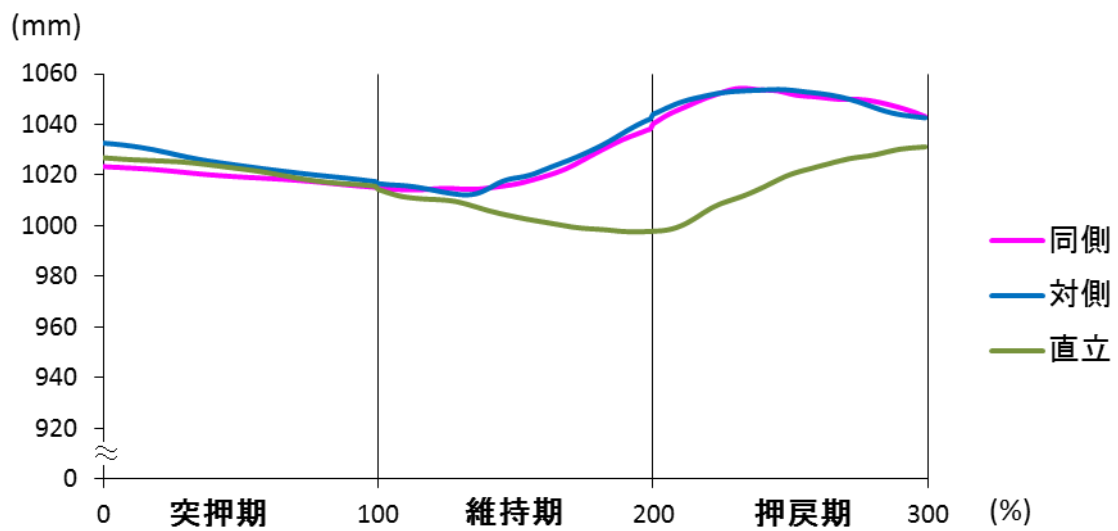


図 23：被験者 H の上下方向身体重心変位（全体）

イ) 被験者 I の上下方向 (Z 軸) における重心の位置を示す.

突押期での同側動作の最大値は 987.49mm, 最小値は 980.05mm, 対側動作での最大値は 994.50mm, 最小値は 979.61mm, 直立動作での最大値は 988.00mm, 最小値は 965.61mm であった. 維持期での同側動作の最大値は 991.91mm, 最小値は 981.92mm, 対側動作での最大値は 991.33mm, 最小値は 980.10mm, 直立動作での最大値は 963.27mm, 最小値は 949.48mm であった. 押戻期での同側動作の最大値は 999.82mm, 最小値は 991.50mm, 対側動作での最大値は 994.79mm, 最小値は 985.03mm, 直立動作での最大値は 983.93mm, 最小値は 951.97mm であった. 全体での重心移動範囲は, 同側動作で 19.78mm, 対側動作で 15.18mm, 直立動作で 38.52mm であった. それぞれの数値については表 11 に示した. また, 全体のグラフを図 24 に示す.

表 11 : 被験者 I の上下方向身体重心位置 (単位 : mm)

		同側動作	対側動作	直立動作
突押期	最大値	987.49	994.50	988.00
	最小値	980.05	979.61	965.61
維持期	最大値	991.91	991.33	963.27
	最小値	981.92	980.10	949.48
押戻期	最大値	999.82	994.79	983.93
	最小値	991.50	985.03	951.97
全体	最大値	999.82	994.79	988.00
	最小値	980.05	979.61	949.48
	移動範囲	19.78	15.18	38.52

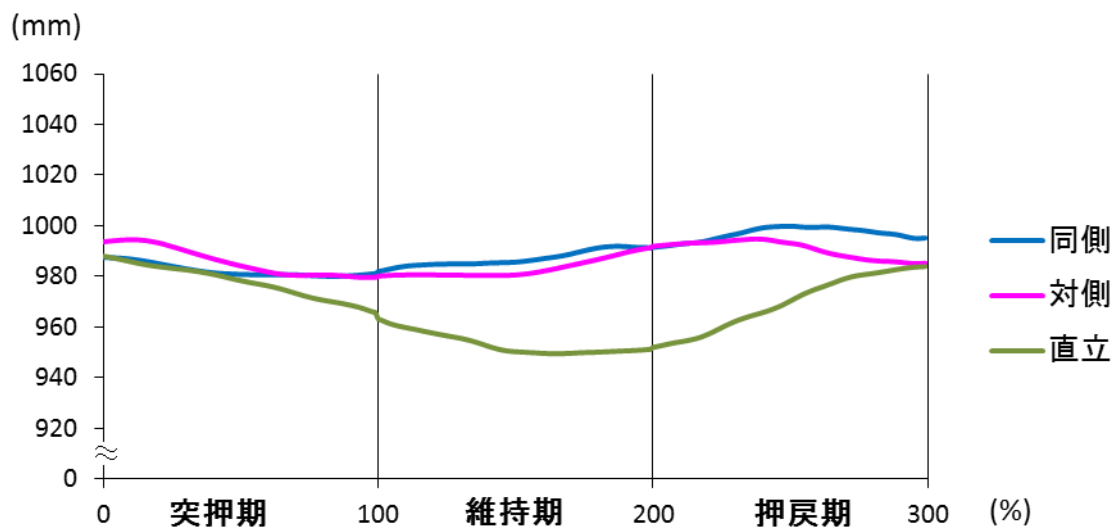


図 24：被験者 I の上下方向身体重心変位（全体）

ウ) 被験者 J の上下方向 (Z 軸) における重心の位置を示す.

突押期での同側動作の最大値は 988.16mm, 最小値は 954.21mm, 対側動作での最大値は 986.70mm, 最小値は 949.09mm, 直立動作での最大値は 983.84mm, 最小値は 957.36mm であった. 維持期での同側動作の最大値は 951.92mm, 最小値は 919.72mm, 対側動作での最大値は 946.72mm, 最小値は 927.83mm, 直立動作での最大値は 955.49mm, 最小値は 934.09mm であった. 押戻期での同側動作の最大値は 990.39mm, 最小値は 921.47mm, 対側動作での最大値は 995.83mm, 最小値は 935.76mm, 直立動作での最大値は 978.61mm, 最小値は 934.14mm であった. 全体での重心移動範囲は, 同側動作で 70.68mm, 対側動作で 68.00mm, 直立動作で 49.75mm であった. それぞれの数値については表 12 に示した. また, 全体のグラフを図 25 に示す.

表 12 : 被験者 J の上下方向身体重心位置 (単位 : mm)

		同側動作	対側動作	直立動作
突押期	最大値	988.16	986.70	983.84
	最小値	954.21	949.09	957.36
維持期	最大値	951.92	946.72	955.49
	最小値	919.72	927.83	934.09
押戻期	最大値	990.39	995.83	978.61
	最小値	921.47	935.76	934.14
全体	最大値	990.39	995.83	983.84
	最小値	919.72	927.83	934.09
	移動範囲	70.68	68.00	49.75

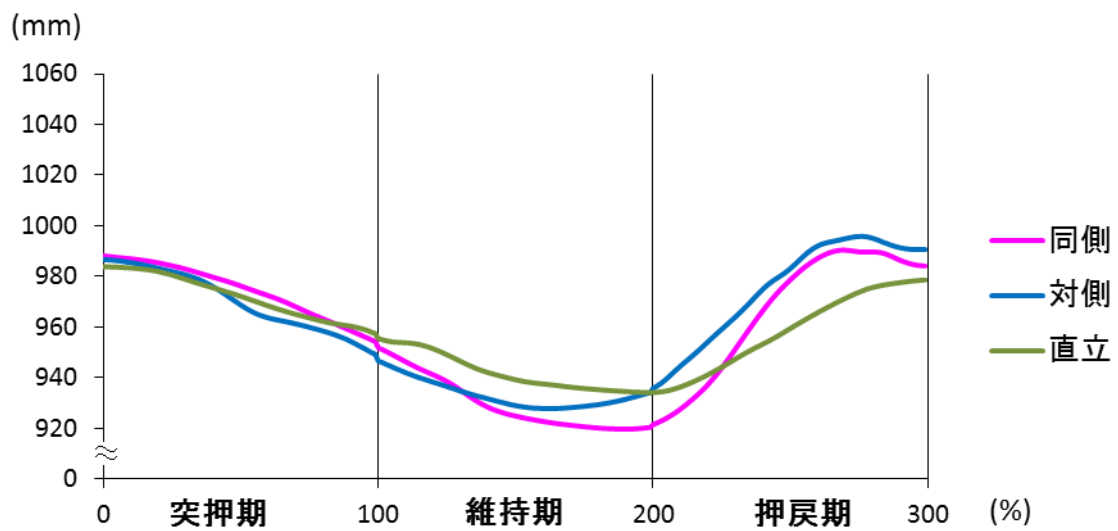


図 25 : 被験者 J の上下方向身体重心変位 (全体)

4.4.3 各動作における体幹傾斜角度の比較

ア) 被験者 H の体幹傾斜角度を示す.

突押期での同側動作の最大角度は 74.26 度, 最小角度は 69.69 度, 対側動作での最大角度は 75.21 度, 最小角度は 71.01 度, 直立動作での最大角度は 77.86 度, 最小角度は 73.55 度であった. 維持期での同側動作の最大角度は 72.46 度, 最小角度は 69.63 度, 対側動作での最大角度は 71.58 度, 最小角度は 69.32 度, 直立動作での最大角度は 73.64 度, 最小角度は 69.11 度であった. 押戻期での同側動作の最大角度は 75.67 度, 最小角度は 71.83 度, 対側動作での最大角度は 73.90 度, 最小値は 69.22 度, 直立動作での最大角度は 77.17 度, 最小角度は 69.07 度であった. 全体での最大角度と最小角度の差は, 同側動作で 6.04 度, 対側動作で 5.99 度, 直立動作で 8.79 度であった. それぞれの数値については表 13 に示した. また, 全体のグラフを図 26 に示す.

表 13 : 被験者 H の体幹傾斜角度 (単位 : 度)

		同側動作	対側動作	直立動作
突押期	開始値	74.26	75.21	77.86
	終了値	69.69	71.01	73.55
	最大値	74.26	75.21	77.86
	最小値	69.69	71.01	73.55
	最大最小範囲	4.56	4.20	4.31
維持期	開始値	69.63	70.62	73.53
	終了値	71.81	70.90	69.11
	最大値	72.46	71.58	73.64
	最小値	69.63	69.32	69.11
	最大最小範囲	2.84	2.26	4.53
押戻期	開始値	71.83	70.47	69.07
	終了値	74.48	73.90	77.17
	最大値	75.67	73.90	77.17
	最小値	71.83	69.22	69.07
	最大最小範囲	3.84	4.68	8.10
全体	差	6.04	5.99	8.79

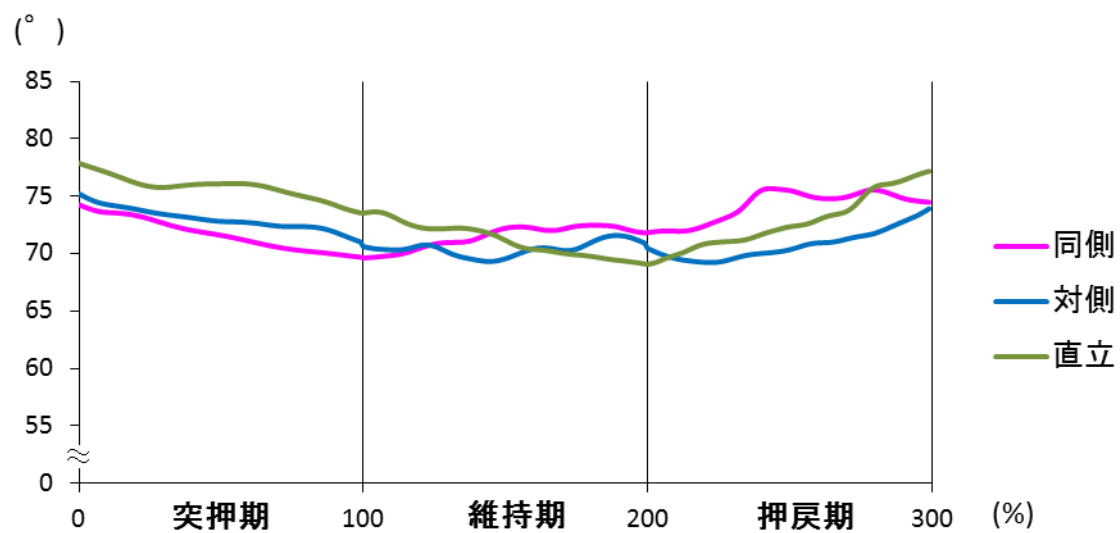


図 26：被験者 H の体幹傾斜角度変位（全体）

イ) 被験者 I の体幹傾斜角度を示す.

突押期での同側動作の最大角度は 80.55 度, 最小角度は 54.67 度, 対側動作での最大角度は 75.13 度, 最小角度は 67.32 度, 直立動作での最大角度は 72.42 度, 最小角度は 67.06 度であった. 維持期での同側動作の最大角度は 60.31 度, 最小角度 54.77 度, 対側動作での最大角度は 67.02 度, 最小角度は 64.98 度, 直立動作での最大角度 66.96 度, 最小角度は 63.99 度であった. 押戻期での同側動作の最大角度は 59.50 度, 最小角度は 55.43 度, 対側動作での最大角度は 71.12 度, 最小値は 66.20 度, 直立動作での最大角度は 72.24 度, 最小角度は 63.67 度であった. 全体での最大角度と最小角度の差は, 同側動作で 25.87 度, 対側動作で 10.15 度, 直立動作で 8.75 度であった. それぞれの数値については表 14 に示した. また, 全体のグラフを図 27 に示す.

表 14 : 被験者 I の体幹傾斜角度 (単位 : 度)

		同側動作	対側動作	直立動作
突押期	開始値	80.02	75.13	72.42
	終了値	54.67	67.32	67.06
	最大値	80.55	75.13	72.42
	最小値	54.67	67.32	67.06
	最大最小範囲	25.87	7.81	5.36
維持期	開始値	54.77	67.02	66.84
	終了値	59.66	66.01	63.99
	最大値	60.31	67.02	66.96
	最小値	54.77	64.98	63.99
	最大最小範囲	5.54	2.04	2.98
押戻期	開始値	59.50	66.20	63.78
	終了値	58.38	71.12	72.24
	最大値	59.50	71.12	72.24
	最小値	55.43	66.20	63.67
	最大最小範囲	4.06	4.92	8.57
全体	差	25.87	10.15	8.75

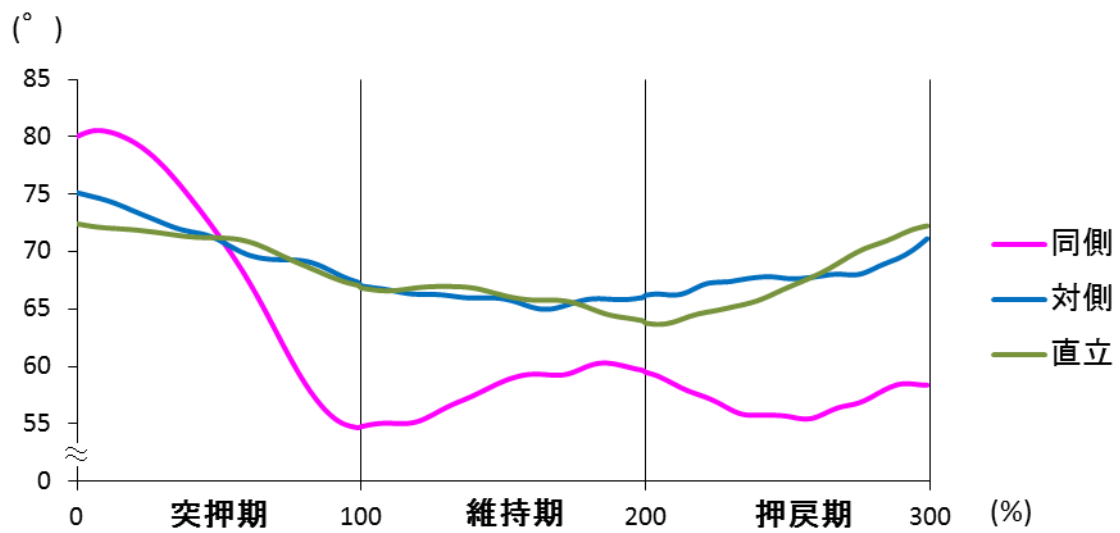


図 27：被験者 I の体幹傾斜角度変位（全体）

ウ) 被験者 J の体幹傾斜角度を示す.

突押期での同側動作の最大角度は 71.01 度, 最小角度は 68.37 度, 対側動作での最大角度は 73.41 度, 最小角度は 69.05 度, 直立動作での最大角度は 79.03 度, 最小角度は 67.38 度であった. 維持期での同側動作の最大角度は 73.78 度, 最小角度 69.12 度, 対側動作での最大角度は 68.94 度, 最小角度は 66.48 度, 直立動作での最大角度 67.69 度, 最小角度は 66.91 度であった. 押戻期での同側動作の最大角度は 80.82 度, 最小角度は 73.75 度, 対側動作での最大角度は 74.49 度, 最小値は 66.36 度, 直立動作での最大角度は 75.36 度, 最小角度は 67.95 度であった. 全体での最大角度と最小角度の差は, 同側動作で 7.07 度, 対側動作で 8.13 度, 直立動作で 7.40 度であった. それぞれの数値については表 15 に示した. また, 全体のグラフを図 28 に示す.

表 15 : 被験者 J の体幹傾斜角度 (単位 : 度)

		同側動作	対側動作	直立動作
突押期	開始値	71.01	73.41	79.03
	終了値	69.13	69.05	67.38
	最大値	71.01	73.41	79.03
	最小値	68.37	69.05	67.38
	最大最小範囲	2.64	4.36	11.65
維持期	開始値	69.12	68.72	67.11
	終了値	73.78	66.48	67.69
	最大値	73.78	68.94	67.69
	最小値	69.12	66.48	66.91
	最大最小範囲	4.66	2.46	0.78
押戻期	開始値	74.09	66.36	67.95
	終了値	77.64	74.49	75.36
	最大値	80.82	74.49	75.36
	最小値	73.75	66.36	67.95
	最大最小範囲	7.07	8.13	7.40
全体	差	12.45	8.13	12.12

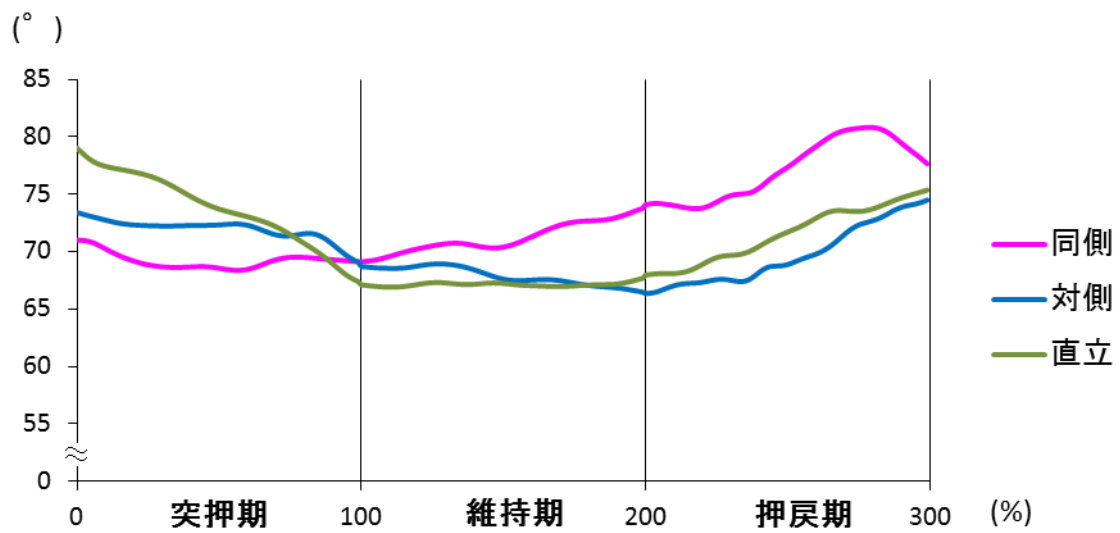


図 28 : 被験者 J の体幹傾斜角度変位 (全体)

4.4.4 各動作における身体捻転角度の比較

ア) 被験者 H の身体捻転角度を示す.

突押期での同側動作の最大角度は 26.40 度, 最小角度は 21.89 度, 対側動作での最大角度は 23.87 度, 最小角度は 13.86 度, 直立動作での最大角度は 22.72 度, 最小角度は 12.16 度であった. 維持期での同側動作の最大角度は 23.26 度, 最小角度は 17.58 度, 対側動作での最大角度は 16.89 度, 最小角度は 1.29 度, 直立動作での最大角度は 14.74 度, 最小角度は 10.67 度であった. 押戻期での同側動作の最大角度は 21.51 度, 最小角度は 7.52 度, 対側動作での最大角度は 21.31 度, 最小値は 4.02 度, 直立動作での最大角度は 19.89 度, 最小角度は 6.80 度であった. 全体での最大角度と最小角度の差は, 同側動作で 18.88 度, 対側動作で 22.58 度, 直立動作で 15.92 度であった. それぞれの数値については表 16 に示した. また, 全体のグラフを図 29 に示す.

表 16 : 被験者 H の身体捻転角度 (単位 : 度)

		同側動作	対側動作	直立動作
突押期	開始値	26.40	22.06	19.63
	終了値	21.89	14.98	12.16
	最大値	26.40	23.87	22.72
	最小値	21.89	13.86	12.16
	最大最小範囲	4.51	10.01	10.56
維持期	開始値	21.07	15.98	11.47
	終了値	22.58	3.07	10.95
	最大値	23.26	16.89	14.74
	最小値	17.58	1.29	10.67
	最大最小範囲	5.69	15.60	4.08
押戻期	開始値	21.51	4.02	10.27
	終了値	9.20	19.17	17.60
	最大値	21.51	21.31	19.89
	最小値	7.52	4.02	6.80
	最大最小範囲	13.99	17.29	13.09
全体	差	18.88	22.58	15.92

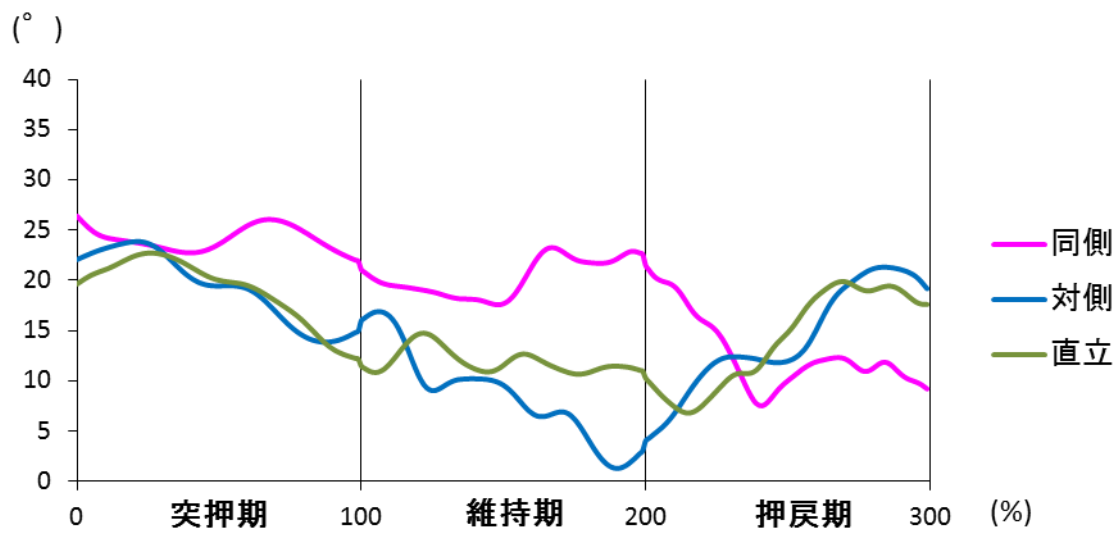


図 29：被験者 H の身体捻転角度変位（全体）

イ) 被験者 I の身体捻転角度を示す.

突押期での同側動作の最大角度は 29.96 度, 最小角度は 24.10 度, 対側動作での最大角度は 35.29 度, 最小角度は 15.36 度, 直立動作での最大角度は 22.68 度, 最小角度は 17.46 度であった. 維持期での同側動作の最大角度は 29.57 度, 最小角度は 24.30 度, 対側動作での最大角度は 15.11 度, 最小角度は 5.61 度, 直立動作での最大角度は 19.86 度, 最小角度は 13.50 度であった. 押戻期での同側動作の最大角度は 33.48 度, 最小角度は 11.35 度, 対側動作での最大角度は 22.23 度, 最小値は 6.32 度, 直立動作での最大角度は 19.29 度, 最小角度は 9.01 度であった. 全体での最大角度と最小角度の差は, 同側動作で 22.13 度, 対側動作で 29.68 度, 直立動作で 13.67 度であった. それぞれの数値については表 17 に示した. また, 全体のグラフを図 30 に示す.

表 17: 被験者 I の身体捻転角度 (単位: 度)

		同側動作	対側動作	直立動作
突押期	開始値	29.96	35.17	22.68
	終了値	24.10	15.36	17.46
	最大値	29.96	35.29	22.68
	最小値	24.10	15.36	17.46
	最大最小範囲	5.85	19.94	5.21
維持期	開始値	24.30	15.11	15.98
	終了値	29.57	6.76	19.69
	最大値	29.57	15.11	19.86
	最小値	24.30	5.61	13.50
	最大最小範囲	5.27	9.50	6.36
押戻期	開始値	30.15	7.25	19.29
	終了値	19.31	20.91	12.01
	最大値	33.48	22.23	19.29
	最小値	11.35	6.32	9.01
	最大最小範囲	22.13	15.90	10.28
全体	差	22.13	29.68	13.67

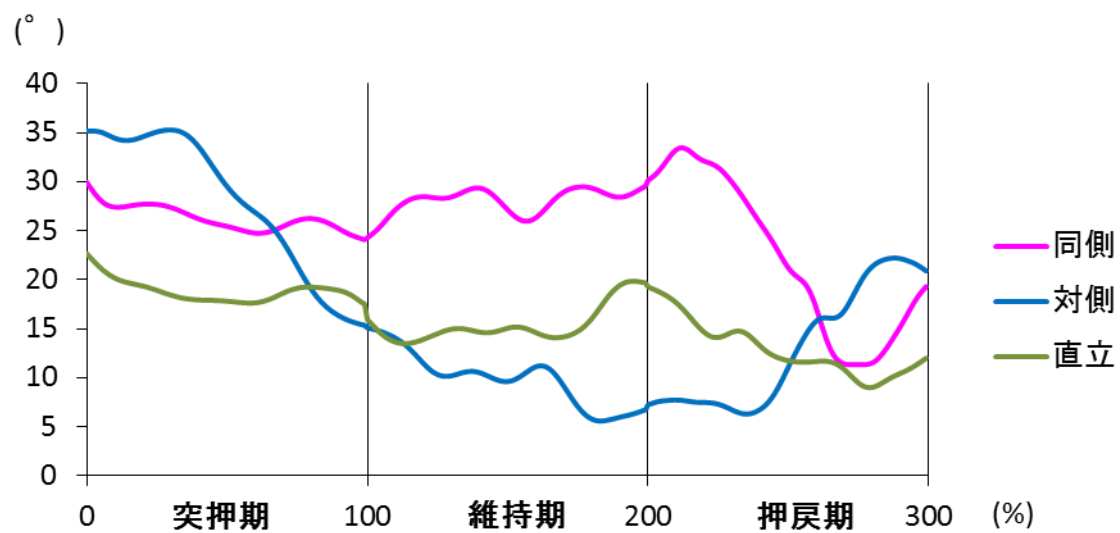


図 30：被験者 I の身体捻転角度変位（全体）

ウ) 被験者 J の身体捻転角度を示す.

突押期での同側動作の最大角度は 18.54 度, 最小角度は 9.22 度, 対側動作での最大角度は 20.98 度, 最小角度は 15.42 度, 直立動作での最大角度は 19.96 度, 最小角度は 9.94 度であった. 維持期での同側動作の最大角度は 19.77 度, 最小角度は 9.77 度, 対側動作での最大角度は 16.87 度, 最小角度は 12.61 度, 直立動作での最大角度は 12.06 度, 最小角度は 8.68 度であった. 押戻期での同側動作の最大角度は 13.30 度, 最小角度は 0.36 度, 対側動作での最大角度は 16.94 度, 最小値は 11.44 度, 直立動作での最大角度は 13.35 度, 最小角度は 6.96 度であった. 全体での最大角度と最小角度の差は, 同側動作で 19.41 度, 対側動作で 9.54 度, 直立動作で 13.00 度であった. それぞれの数値については表 18 に示した. また, 全体のグラフを図 31 に示す.

表 18 : 被験者 J の身体捻転角度 (単位 : 度)

		同側動作	対側動作	直立動作
突押期	開始値	13.57	18.09	19.80
	終了値	9.56	16.76	9.94
	最大値	18.54	20.98	19.96
	最小値	9.22	15.42	9.94
	最大最小範囲	9.32	5.56	10.02
維持期	開始値	9.77	16.77	9.30
	終了値	13.77	16.87	11.97
	最大値	19.77	16.87	12.06
	最小値	9.77	12.61	8.68
	最大最小範囲	10.00	4.26	3.38
押戻期	開始値	12.50	16.94	11.92
	終了値	6.11	12.97	6.96
	最大値	13.30	16.94	13.35
	最小値	0.36	11.44	6.96
	最大最小範囲	12.94	5.50	6.38
全体	差	19.41	9.54	13.00

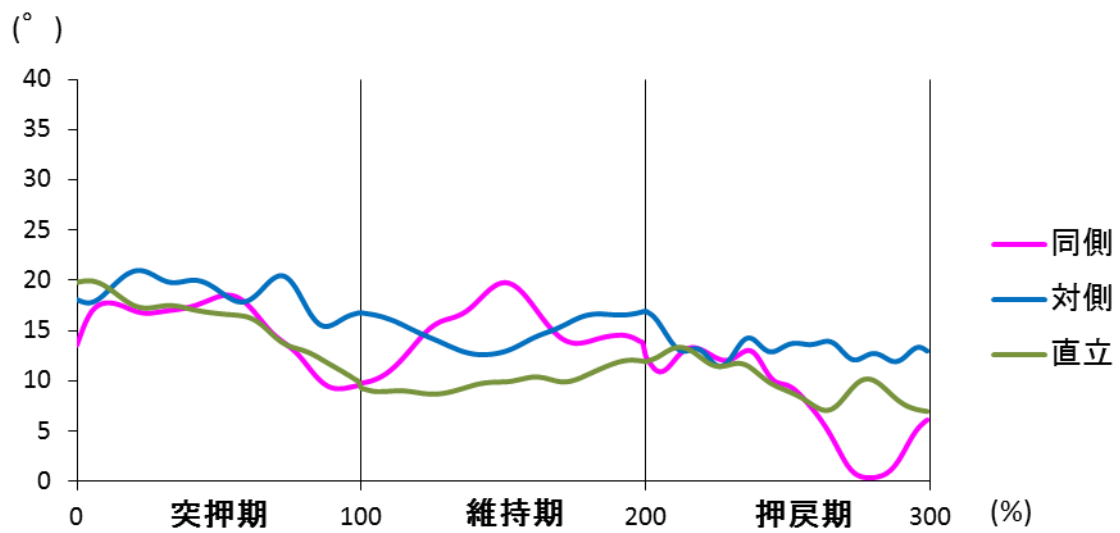


図 31 : 被験者 J の身体捻転角度変位 (全体)

4.5 考察

4.5.1 鉄砲時の左右方向における身体重心変位について

本研究では、被験者間に身長や体重などの身体的なばらつきがあるため、各局面における被験者個人の最大値と最小値の重心移動範囲を比較した。

被験者 H の範囲は、同側動作で 27.82mm、対側動作で 49.18mm、直立動作で 35.66mm であった。被験者 I では、同側動作で 89.97mm、対側動作で 102.61mm、直立動作で 10.47mm であった。また、被験者 J では、同側動作で 58.73mm、対側動作で 66.76mm、直立動作で 10.18mm であった。このように、3 名の被験者に共通して対側動作で行う鉄砲が、同側動作、直立動作に対して最も大きな重心移動範囲を示す結果となった。同側動作では、柱を押す側の手と反対側の足が軸足となる（手：左、運足：左、軸足：右）。そのため、右足を軸に左半身を鉄砲柱で支える状態となり、身体が捻じれにくく、身体重心が体の中心部で安定し易い傾向にあったと考えられる。一方の対側動作では、柱を押す側の手と同じ側の足が軸足となるため（手：左、運足：右、軸足：左）、身体が捻れることにより、身体重心が安定し難い傾向にあったと考えられる。直立動作では、突押期、維持期、押戻期を通じて重心がある程度一定に推移していた。その理由は、両足を動かさず上体のみを傾け、押し戻すという動作に起因すると考えられる。

これらのことから、対側動作で行う鉄砲は身体重心の左右の振れ幅が大きく、同側動作、直立動作と比較して、不安定であることが伺えた。以上から、同側動作と対側動作で行う鉄砲を比較すると、前者の方がより左右に重心がぶれない押し動作であると考えられる。

4.5.2 鉄砲時の上下方向における身体重心変位について

本研究では、被験者間に身長や体重などの身体的なばらつきがあるため、各局面における被験者個人の最大値と最小値の重心移動範囲を比較した。

被験者 H の範囲は、同側動作で 40.17mm、対側動作で 41.60mm、直立動作で 33.54mm であった。被験者 I では、同側動作で 19.78mm、対側動作で 15.18mm、直立動作で 38.52mm であった。また、被験者 J では、同側動作で 70.68mm、対側動作で 68.00mm、直立動作で 49.75mm であった。

直立動作では、両足を動かさず上体のみを傾け押し戻す動作であるため、3名の被験者に共通して突押期が始まってから重心が下がり、維持期から押戻期にかけて重心が上がっていることが明らかとなった。

同側動作と対側動作においては、3名の被験者ともに大きな差は見られなかった。その理由として、今回着目した鉄砲は、上下動に関して足運びの影響を受け難い動作であったと考えられる。

相撲では、重心を低く保ち上下動が少ない動きがよしとされている³³⁾。なぜなら、重心が急に下がることで足裏と地面との間の圧力が急激に下がり、抜重の状態になってしまうからである。抜重の状態では、足裏と地面との圧力が下がっているため、相手に押された際に踏ん張り難く、不安定な姿勢になってしまう^{18) 33)}。同時に、床反力が低下することから、相手に伝える押し力もマイナスの影響を受けると考えられる。【研究 1】の結果を踏まえ、同側動作で行う鉄砲が力積値において有意な差を示したことから、本研究では上下方向（Z 軸方向）の重心変位において、主に同側動作と対側動作との間で違いが見られることが予想されたが、その差は示されなかった。

4.5.3 鉄砲時の体幹傾斜角度について

同側動作において、被験者 H の始まりが 74.26 度、柱に手が接着した瞬間が 69.69 度、維持期の終わりが 71.81 度、押戻期の終わりが 74.48 度であった。被験者 I では始まりが 80.02 度、柱に手が接着した瞬間が 54.67 度、維持期の終わりが 59.66 度、押戻期の終わりが 58.38 度であった。被験者 J では始まりが 71.01 度、柱に手が接着した瞬間が 69.13 度、維持期の終わりが 73.78 度、押戻期の終わりが 77.64 度であった。3 名の被験者に共通して、柱に手が接着してから維持期が終わるまでの間、柱を押しながら徐々に上体を起こし始め、体幹傾斜角度が緩やかに増加傾向にあることが明らかとなった。

一方の対側動作では、被験者 H の始まりが 75.21 度、柱に手が接着した瞬間が 71.01 度、維持期の終わりが 70.90 度、押戻期の終わりが 73.90 度であった。被験者 I では始まりが 75.13 度、柱に手が接着した瞬間が 67.32 度、維持期の終わりが 66.01 度、押戻期の終わりが 71.12 度であった。被験者 J では始まりが 73.41 度、柱に手が接着した瞬間が 69.05 度、維持期の終わりが 66.48 度、押戻期の終わりが 74.49 度であった。3 名の被験者に共通して、柱に手が接着してからではなく、維持期の終わりから上体を起こし始め、押戻期の始まりから押戻期の終わりにかけて体幹傾斜角度が緩やかに増加傾向にあることが明らかとなった。

直立動作では、被験者 H の始まりが 77.86 度、柱に手が接着した瞬間が 73.55 度、維持期の終わりが 69.11 度、押戻期の終わりが 77.17 度であった。被験者 I では始まりが 72.42 度、柱に手が接着した瞬間が 67.06 度、維持期の終わりが 63.99 度、押戻期の終わりが 72.24 度であった。被験者 J では始まりが 79.03 度、柱に手が接着した瞬間が 67.38 度、維持期の終わりが 67.69 度、押戻期の終わりが 75.36 度であった。対側動作と同様に、3 名の被験者に共通して柱に手が接着してからではなく、維持期の終わりから上体を起こし始め、押戻期の

始まりから押戻期の終わりにかけて体幹傾斜角度が緩やかに増加傾向にあることが明らかとなった。

以上のことから、同側動作で行う鉄砲は、対側動作、直立動作と比較して、上体を起こし始める時点に違いがあり、押戻期よりも早い維持期の段階で上体を起こし始めていることが明らかとなった。本実験では、地面に取り付けられた鉄砲柱を押していることから、柱を強く押すことができるとその反作用で上体が起き上がり、すなわち体幹傾斜角が大きくなったものと考えられる。この結果から、同側動作で行う鉄砲は、対側動作、直立動作と比較して、手が柱に接着した瞬間からしっかりと柱に力を伝えることができおり、【研究1】で見られた動作全体（一連局面）における力積値の優位性を説明することができる。

また、柱を押し始める前の姿勢として、背中を丸め上体を倒し、体幹傾斜角度を低く保っている傾向は、「背中を丸めることで...お尻や腿の大量の筋肉を使って相撲を取ることができだが、相手に強い力を伝えることが可能になります」と述べている桑森の著書³³⁾にも合致すると考えられる。

4.5.4 鉄砲時の身体捻転角度について

同側動作において、被験者 H では維持期の始まりが 21.07 度、その後、最大角度 23.26 度を経て、押戻期に最小角度 7.52 度まで減少していた。被験者 I では維持期の始まりが 24.30 度、その後、押戻期に最大角度 33.48 度を経て、押戻期の終わりに最小角度 11.35 度まで減少していた。被験者 J では維持期の始まりが 9.77 度、その後、最大角度 19.77 度を経て、押戻期に最小角度 0.36 度まで減少していた。

一方の対側動作では、被験者 H で維持期の始まりが 15.98 度、その後、最小角度 1.29 度を経て、押戻期の終わりでは 19.17 度まで増加している。被験者 I では維持期の始まりが 15.11 度、その後、最小角度 5.61 度を経て、押戻期の終わりでは 20.91 度まで増加していた。被験者 J では維持期の始まりが 16.77 度、その後、押戻期に最小角度 11.44 度を経て、押戻期の終わりでは 12.97 度まで若干の増加が見られた。

これより、3 名の被験者に共通して、同側動作では手が柱に接着してから、身体捻転角度は一度緩やかに増加し、押戻期の終わりにかけて減少する傾向にあることが明らかとなった。実際に、同側動作では突押期から維持期にかけて腰のライン（左右大転子を結ぶ結線）が肩のライン（左右肩峰を結ぶ結線）よりも前方に先行し、同側方向への捻転姿勢が取られていた（図 31）。対称的に、対側動作では手が柱に接着してから身体捻転角度は一度緩やかに減少し、同側方向への捻転角度が小さくなることが明らかとなった。また、押戻期の終わりにかけて捻転角度が増加する真逆の推移を示していた。

その理由としては、今回の実験環境に原因があると考えられる。本実験では、力を伝える対象として柱を使用していることから、動かない鉄砲柱が被験者の動作を制限した可能性が高いと考えた。

繰り返しになるが本実験で使用した鉄砲柱は動かない対象であったが、力を

加える対象が動く場合では肩から先の動作が制限されず、より大きな力が伝わっていくものと推察される。これは、【研究 1】より、一連局面において同側動作で行う鉄砲の値が対側動作、直立動作に対し有意に高値を示したことを裏付けるものであった。

直立動作は、両足を動かさず上体のみを鉄砲柱に預け押し戻す動作であるため、比較的同側動作と対側動の中間位を推移していた。

以上より、同側動作で行う鉄砲は、地面から得た力を足、体幹、前腕、手のひら、相手へと伝えることができる効果的な押し動作と考えられる。

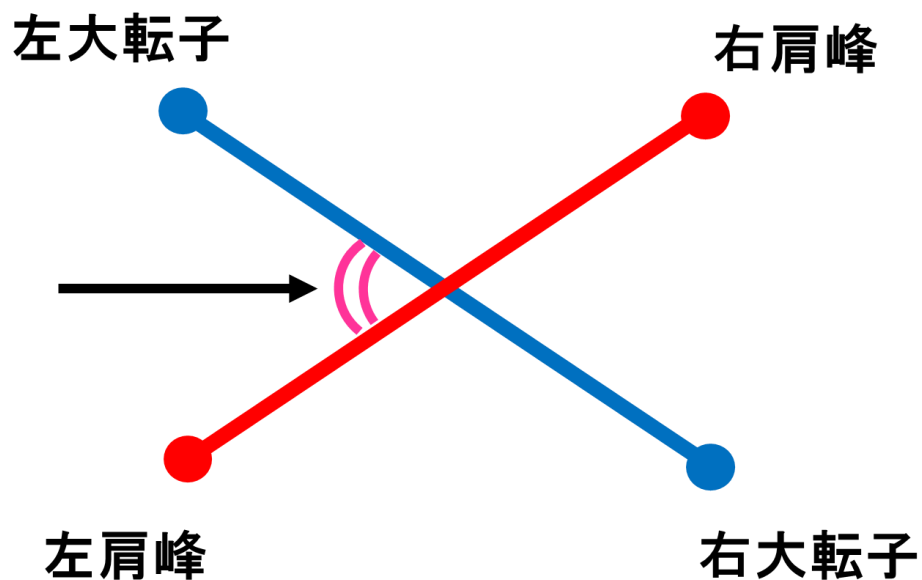


図 31：同側方向捻転角度

4.6 結論

本研究の結果から、鉄砲時における同側動作は、対側動作と比較して左右への重心のぶれが少なく、手が柱に接着してすぐに力を伝えることができていること。また、手が接着してから押し戻す際に、腰が同側側に捻転しており、より大きな力を発揮する体勢が取られていることが明らかになった。

第5章 結論

5.1 総合討議

本論文では、相撲特有の同側動作とその他動作の特徴を、鉄砲に着目して比較検討を行った。

【研究 1】では、鉄砲時の力の発揮において、同側動作がその他動作と比較しどのような違いがあるのかを明らかにした。結果より、力積値において同側動作が対側動作、直立動作と比較して有意な差を示すことが明らかとなった。

【研究 2】では、鉄砲時の同側動作、対側動作、直立動作をキネマティクスの解析し、各動作の特徴にどのような違いがあるのかを明らかにした。結果より、同側動作では対側動作に比べて、左右への重心のぶれが少なく、手が柱に接着してすぐに力を伝えることができていること、また、手が接着してから押し戻す際に、より大きな力を発揮できる体勢が取られていることが明らかになった。

以上の結果を踏まえ、本論文の主要な成果は、「鉄砲時における同側動作は、その他動作と比較して力を伝えることにおいて効果的な動作である」とまとめられる。

5.2 研究の限界

本論文の目的は、相撲特有の同側動作を用いた鉄砲に着目して、相撲における基礎動作の一端を科学的に明らかにすることであった。しかし、鉄砲とは本来稽古の一環で行う練習メニューの一つであり、もともと全力で行うものではない。また、今回使用したフォースプレートでは、構造的に壊れてしまう恐れがあったため、最大出力を計測することが難しい状況であった。

【研究 2】の動作解析においては、被験者の人数が少ないことから統計解析が行えず、あくまで傾向を述べる段階で終わってしまった。また本研究の全体を通じて、被験者は早稲田大学体育各部の相撲に所属する部員のみであったため、部員は日頃の稽古から同側動作に慣れており、同側動作で行う鉄砲の力積値が高値を示す結果になったかもしれないという指摘を完全に否定することは難しい。

最後に、冒頭の先行研究の考証で述べた二軸動作に関して言及する。同側動作を応用した二軸動作は、科学的根拠に基づくものではなく、あくまで現場レベルの意見に基づいた理論であり、感覚的な意味合いが強いことを補足しておく。

実際に、布目³⁶⁾は物理学者 R.L.Park による著書「私たちはなぜ科学にだまされるのか」の中で、生物学者 E.O.Wilson が説明する科学の定義、実験を再現し検証することができるのか、それによって以前より万物の予測がたつようになるのかを基準に、二軸動作は非科学的であると述べている。

5.3 今後の展望

本研究では、相手に力を伝える動作，なかでも「鉄砲」に限定して実験を行ってきた。しかし，同側動作は次への動き出しに素早く移行することができることなどを指摘する研究者や現場の指導者からの声もあり，今回の研究では明らかにできなかった多くの同側動作の優位性が推察される。今後は，本研究で明らかにできなかった様々な要因の検討や，基本動作に限定するのではなく，実践形式内での同側動作の優位性を検証していくことが必要であると考えている。

参考・引用文献

- 1) 日本相撲協会公式サイト.(<http://www.sumo.or.jp>)(accessed 2019 年 11 月 27 日)
- 2) 張永涛.日本相撲文化の国際化研究. AIBS ジャーナル, 2013, pp. 55-63
- 3) Japaaan magazine. 力士のための学校!?「相撲教習所」で力士たちは何を学んでいるのか?.
(<https://mag.japaaan.com/archives/110686>)(accessed 2019 年 11 月 27 日)
- 4) 伊藤勝治. 大相撲の解剖図鑑. エクスナレッジ, 2016, pp. 108-109
- 5) 舞の海秀平, 小野恵. はじめての大相撲. 岩崎書店, 2003, p42
- 6) 松枝千尋, 梶原女公美, 楠本一樹, 福田克幸, 藤岡亮一, 飯田智行, 川上雅之. 陸上短距離における二軸トレーニングが走動作に及ぼす影響. 倉敷芸術科学大学紀要, 2011, pp.81-89
- 7) 33 代 木村庄之助. 力士の世界. 文藝春秋, 2007, pp. 101-103
- 8) 力士になるための稽古・練習・トレーニング.(<https://careergarden.jp/rikishi/kunren/>)
(accessed 2020 年 1 月 5 日)
- 9) 針ヶ谷良一. いま相撲から学ぶ. 同友館, 1990, pp. 177-195
- 10) ナンバ歩き. (<https://hc2.seikyuu.ne.jp/home/jcfa-osakanisi/taikyokuken/nanba.htm>)
(accessed 2020 年 1 月 6 日)
- 11) 金指基. 相撲大事典 第四版. 現代書館, 2015, p.223
- 12) 澤田一矢. 大相撲の事典. 東京堂出版, 2000, pp. 134-135
- 13) 小俣幸嗣, 香田郡秀, 桑森真介. 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, 2012, p.174
- 14) 桑森真介, 浅見高明, 石島茂. 相撲選手の「立ち合い」におけるパワー及び「当たり」の強さに関する研究. 武道学研究, 1985, pp.18-2
- 15) 桑森真介. 学生相撲選手の競技力と「出足」もパワーおよび「当たり」の強さの関係について. 明治大学教養論集, 1988, 通巻 210 号, pp. 25-41
- 16) 前田寛, 小林一敏. ラグビーのスクラムにおける床反力ベクトルと姿勢との関係. 日本体育学会大会号, 1979, 第 30 回, p.361
- 17) 尾形邦裕, 國吉康夫. 押し動作における自他身体誘導スキルの計測と解析. 日本ロボット学会誌, 2013, Vol.31, No.4, pp.390-400
- 18) 脇田裕久, 富田伊久磨. 抜重動作を用いた前方への圧力変化の検討. 三重大学教育学部研

- 究紀要, 2001, 第 62 卷, 自然科学, pp.1-8
- 19) 手島直美, 脇田裕久. 古武術における位置エネルギーを利用した前進動作の効果. 三重大学教育学部研究紀要, 2006, 第 57 卷, 自然科学, pp.21-31
- 20) 矢野龍彦, 金田伸夫, 織田淳太郎. なんば走り - 古武術の動きを実践する -. 光文社, 2003, pp.53-87, 113-134
- 21) 小田伸午. 運動科学 - アスリートのサイエンス -. 丸善, 2003, pp.136-177
- 22) 小田伸午. 運動科学 実践編 - 二軸動作がスポーツを変える! -. 丸善, 2007, pp.125-159
- 23) 甲野義紀. 写真と図解実践! 今すぐできる古武術で蘇えるカラダ. 宝島社, 2003, pp.2-4
- 24) 織田淳太郎. ナンバのコーチング論 - 次元の違う「速さ」を獲得する -. 光文社, 2000, pp. 88-96
- 25) 陸上マガジン 11 月号. ベースボール・マガジン社, 2003, p.39
- 26) 新田一郎. 相撲の歴史. 図書印刷, 1994
- 27) 新田一郎. 相撲 - その歴史と技法 -. ベースボール・マガジン社, 2016
- 28) 大山惣寿郎, 佐藤豊. 節会相撲, 武家相撲への発展に対する一考察 - 特に発展過程の拝啓について -. 体育学研究, 1966, 第 10 卷 2 号, p.50
- 29) 一階千絵. ショースポーツとしての江戸時代の相撲興行についての一考察 - 勧進相撲と見世物女相撲の比較から -. 日本体育学会第 53 回大会, 2002, p.619
- 30) 桑森真介. 学生相撲選手の体力科学的研究. 武道学研究, 1987, 第 20 卷 2 号, pp.191-192
- 31) 中川泰彰, 松末吉隆, 中村孝志. 学生相撲における肩関節障害. 肩関節, 1998, 第 22 卷 2 号, pp.161-164
- 32) 佐々木輝夫, 吉田雄樹, 大間々真一, 菊池康文, 小笠原邦昭, 遠藤重厚, 小川彰. 相撲の稽古中に発症した外傷性椎骨動脈閉塞: 2 例報告. 日本救急医学会雑誌, 2009, 第 20 卷 5 号, pp.282-287
- 33) 桑森真介. 世界初の相撲の技術の教科書. ベースボール・マガジン社, 2015, pp. 14-15, 20-27, 43-45
- 34) 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, 2015, p.39
- 35) 甲野善紀. 古武術に学ぶ身体操法. 岩波書店, 2003, p.36
- 36) 布目寛幸. サッカーに関する二軸動作 (理論) の科学性の検証 - 二軸の非科学性を問う -. 体育学研究, 2008, pp.491-500

謝辞

学部時代から早稲田大学柔道部の部長としてご指導を賜り、本研究を遂行し修士論文の執筆にあたりまして、終始温かい激励とご指導、ご鞭撻を賜りました、本学スポーツ科学学術院の射手矢岬教授に、心より厚くお礼申し上げます。

また、本論文の作成にあたり、ご多忙のなか快く審査委員を引き受けて下さいました他、演習や講義にてご指導を賜りました、同研究科の志々田文明教授、松井泰二准教授、学部時代から卒業論文をはじめ、ご指導を賜りました宮下政司准教授に、心より厚くお礼申し上げます。

そして、本研究へのご協力をいただきながら、多くのご助言をいただきました、射手矢研究室関係者の皆様、並びにその他研究室の先輩方、同期、大学関係者の皆様、全ての方々に、厚く厚くお礼申し上げます。

思い返せば今日までの 5 年間、私の大学生活は、嬉しい時、苦しい時、どんな時も「豊」の上で共に過ごしてきた仲間たちとの記憶で彩られてきました。彼らの存在が私の心の拠り所であり、支えであり、そして、あのお愛のない日常が掛け替えのない財産であったことを実感しているこの頃でございます。柔道部なくして私の学生生活を語ることはできません。この場をお借りして、早稲田大学柔道部関係者の皆様に心から感謝申し上げるとともに、柔道部の益々のご発展を祈念致しております。

最後になりますが、これまで思うが儘に回り道をし、至る所で道草に勤しんできた私を、見守り静かに応援し続けてくれた家族に、心から感謝の意を表します。

4 月より、社会人としてまた一つ新たな人生の門出を迎えるわけですが、この早稲田大学で得た学び、そして皆様からの教えを胸に、稲門会 OB としての名に恥じぬよう日々精進して参る所存でございます。今後とも引き続きご指導、ご鞭撻のほど何卒よろしくお願い申し上げます。これまで本当にありがとうございました。

2020 年 1 月 10 日

赤岩 滉太