

2019年度 修士論文

学生相撲選手における立ち合いの出力の
比較

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 コーチング研究領域

5018A022-1

鬼谷 智之

研究指導教員： 岡田 純一 教授

目次

第Ⅰ章 緒言	1
1 相撲とは	1
2 立ち合いについて	2
3 立ち合いの定量	3
4 目的と仮説	4
第Ⅱ章 方法	5
1 被検者	5
2 競技力の群分け	5
3 試行	5
(1)スクワットジャンプ	5
(2)立ち合い	6
4 分析方法・項目	7
(1)スクワットジャンプ	7
(2)立ち合い	9
5 身体組成の測定	13
6 トップレベル選手と競技力下位群の選手との比較	13
7 統計処理	14
第Ⅲ章 結果	15
1 競技力上位群と競技力下位群の身体組成	15
2 競技力上位群と競技力下位群のスクワットジャンプ	15
3 競技力上位群と競技力下位群の立ち合い	16
4 選手Aと選手Bの身体組成の比較	16

5 選手 A と選手 B のスクワットジャンプの比較	17
6 選手 A と選手 B の立ち合いの比較	17
7 運動量と体重、最大速度の相関関係	18
第 IV 章 考察	19
1 競技力と身体組成	19
2 競技力とスクワットジャンプ	19
3 競技力と立ち合い	21
4 選手 A と選手 B のスクワットジャンプ	22
5 選手 A と選手 B の立ち合い	23
6 本研究の限界点	24
第 V 章 結論	25
参考文献	26
謝辞	31

第 I 章 緒言

1 相撲とは

相撲は 1500 年以上前から存在しており、起源は力くらべや取っ組み合いであったとされている。歴史の中でいくつかの種類に分類されており、その種類には節介相撲、武家相撲、勧進相撲があったとされ、江戸時代までは農作物の収穫を占う儀式としても行われてきた⁹⁾。明治、大正から昭和の戦前において大相撲は祝祭とされていたが、その後勝敗を競うスポーツとしての形態を整えた大相撲が確立されていった⁹⁾。一方、学生相撲や実業団相撲といったアマチュア相撲も競技人口は少ないが、年々レベルは向上している。その理由の 1 つとしては相撲の国際化が考えられる。近年では外国人選手の日本への留学や国際大会の増加に伴い、古来の相撲の取り口も変化しているとともに競技レベルの向上につながっている。このように相撲は日本の伝統的な国技であり、世界各地で行われている競技でもある。

競技特性としては、無差別階級で行われる対人格闘競技のコンタクトスポーツということが挙げられる。対人格闘競技には柔道やレスリング、ボクシングなど各種あるが、これらは体重の影響がパフォーマンスに大きな影響を与えるため、それぞれ階級が設けられている。一方、相撲においては他の対人格闘競技とは異なり、階級に分かれることなく無差別で行われる。そのため、体格が大きいほうが有利とされている^{13, 20, 22)}。また、相撲は 4.55m の土俵内で勝負が繰り広げられ、土俵から出るか地面に足の裏以外がつくかによって勝敗が決定する。その狭い土俵で勝負が繰り広げられるため、極めて短時間で勝敗が決するという点も競技特性の 1 つである。

2 立ち合いについて

相撲の取り組みは両者が仕切りの体勢から両手を地面につき、審判の「はっきよい」という掛け声を合図に取り組みのスタートとなる。このスタート局面を立ち合いという。相撲は短時間で勝負が決する競技であるため、このスタート局面である立ち合いが勝負を決する上で重要な要因になると示唆されている^{18,23)}。相撲以外のスポーツでも短時間で勝負が決するスポーツは数多くあるが、それぞれでスタートのパフォーマンスが重要な要素であると述べられている。Cossor, ら³⁾は競泳 50m の自由形のスタートはレース時間の最大 30%を占めるため、スタートの時間を短縮することが重要であると報告している。また、Zanoletti ら³⁰⁾はスケルトンのスタートについて、男子選手では 23%, 女子選手では 40% が勝敗に影響すると報告しており、スタート局面のパフォーマンスを向上させることができると競技能力の向上につながると述べている。このことから短時間で勝負が決するスポーツにおいては、スタートのパフォーマンスが重要であると考えられ、勝敗を決定する大きな要因の 1 つといえる。そのため、相撲において立ち合いの能力を向上させることは、競技力向上につながると考えられる。これまでに立ち合いを競技力の高い選手と低い選手で比較した先行研究については、桑森ら¹⁴⁾が学生相撲選手の 1 部校と 2 部校を対象とし、壁にフォースプレートを設置して衝撃力の違いを比較しており、競技力上位選手が競技力下位選手と比較した。その結果、競技力上位選手が 1) 水平方向の衝撃力が強い 2) パワー発揮能力が高いということが報告されている。しかし、体重を除した値に有意差がなかったことから競技力向上のためには、体重を増加させることが重要と述べられている。立ち合いを競技力別で比較した先行研究は上記の 1 つのみであり、競技力上位選手の力発揮特性については明らかになって

いないため、四股やすり足などの従来のトレーニング方法以外が推奨されているのが現状である。

3 立ち合いの定量

相撲の立ち合いの強さを決定する要因は明らかとなっていないが、考えられる要因としては対戦相手にぶつかる角度、ぶつかる重心高、ぶつかり方、立ち合いの際の出力など挙げられる。これら立ち合いの強さを決定する要因のなかでも、立ち合いの強度が反映されるものとして、立ち合いの際の出力が挙げられる。その理由として立ち合いの動作においては、スタートと同時に両手は地面から離地し、下肢の関節を瞬間に伸展させることで推進力を生成し、地面に対して力を加えることにより身体を加速させるため、地面反力から算出される変数が立ち合い時の力発揮特性を評価する指標になると考えられるからである。出力からスタートの力発揮能力を地面反力で評価している先行研究は、Daniel ら²⁶⁾が水泳のスタート台に床反力計を設置し出力の程度や傾きと、飛距離やスタート速度の関係を調査して、関係性を明らかにしている。Sylvie ら⁴⁾は陸上のスタートティングブロックに床反力計を設置し、クラウチングスタートの筋発揮能力特性について報告している。中でもクラウチングスタートは立ち合いと共通している部分が多く存在する。立ち合いは静止状態で地面に両手をつき、股関節屈曲・外転している状態から、股関節、膝関節、足関節を伸展しながら前へ加速している。一方陸上のクラウチングスタートも静止状態で地面に両手をつき、スタートティングブロックに両足を設置し、股関節屈曲・内外転 0°の状態から股関節、膝関節、足関節を伸展しながら前へ加速している。両者の動作に共通している点としては、股関節屈曲状態から下肢 3 関節を伸展しながら前方方向へ加

速する点と、足底部の接地している面から地面反力を得て前方方向へ加速している点である。これまで、クラウチングスタートのスタートイングブロックに対しての地面反力を測定した先行研究では Harland ら⁶⁾が陸上の短距離のスタートイングブロックに対する力発揮は加速局面を決定する 1 つの要因であると報告しており、また Sylvie ら⁴⁾はタイムの速度順でスタートイングブロックにかかる力を比較しており、エリート選手の方がより高い力発揮をしていると報告している。さらに Adam ら¹⁾は水平方向の力発揮がスタートの速度に関係していると報告している。以上のことから、立ち合いの動作に類似しているクラウチングスタートにおいては出力がスタートの速度を決める 1 要因と考えられているため、立ち合いにおいても出力算出は力発揮能力の定量化を行うために有用な手段であると考えられる。

4 目的と仮説

そこで本研究の目的は、学生相撲選手の立ち合いの出力を、競技力の高い選手と低い選手の比較から検討し、力発揮特性の差異を明らかにすることを目的とした。さらに、競技力上位選手の中でも学生相撲界でトップレベルの選手を 1 名抽出し、競技力下位群の中の選手と各項目を比較した。仮説としては、競技力上位選手は競技力下位選手と比較して、地面に対してより力を強く加えて加速していると考えられる。

第Ⅱ章 方法

1 被検者

被検者は日本相撲連盟が規定する大学1部校の相撲部に所属している11名とした。実験に先立ち、被検者の所属している相撲部監督に本研究の目的、方法および実験参加にともなう予期せぬ危険性について文書ならびに口頭にて十分説明を行い、承諾を得たのちに被検者を募った。被検者にも上記と同様の説明を行い、すべての被検者から実験参加の承諾を得た。また本研究は、早稲田大学人を対象とする研究に関する倫理委員会の承認を得て【2018-088】実施された。

2 競技力の群分け

本研究は各試行を競技力が高い選手とそれ以外の選手によって比較するため、被検者を競技力上位群と競技力下位群の2群に振り分けた。競技力上位群の条件としては、①これまでに日本相撲連盟が選定する大学相撲番付に載ったことがある選手②今年度、日本相撲連盟が主催する全国学生相撲の大会において個人戦でベスト4以上の成績を収めている選手、のどちらかを満たしていることとした。競技力下位群は①②のどちらにも当てはまらない選手と規定した。従って11名のうち5名は競技力上位群、6名が競技力下位群に区分された。

3 試行

(1)スクワットジャンプ

両手は腰に固定し、膝を90°に屈曲させた状態をスタート姿勢とした。スタート姿勢で静止した後、検者の「go」という掛け声をスタートの合図とし、被検者は全力で鉛直方向へジャンプを行わせた。被検者にはス

タートと共に抜重せず、スタート姿勢の状態から鉛直方向へのジャンプを行うよう指示をした。スクワットジャンプを行う前に十分に練習をしてから試技へ移行した。試技は2回行い、高い値の方を代表値として採用した。

(2)立ち合い

被検者は床反力計上で立ち合いの構えの姿勢をとり、静止するよう指示した。構えの姿勢で静止した後、検者の「はっきよい」という掛け声をスタートの合図とし、被検者は受け手に当たった。立ち合いの試技を行うにあたり、被検者に対していつもの相撲の取り組みのようにぶつかるよう指示をした。受け手は全力で被検者に当たった場合、被検者の出力に影響を与えるため、軽く踏み込む程度で当たるよう指示をした。立ち合いの際、怪我の考慮を考え、被検者・受け手ともに右肩から当たるようとした。試技は2回行い、高い値の方を代表値として採用した。

実際の立ち合いの試技を図1に示した。

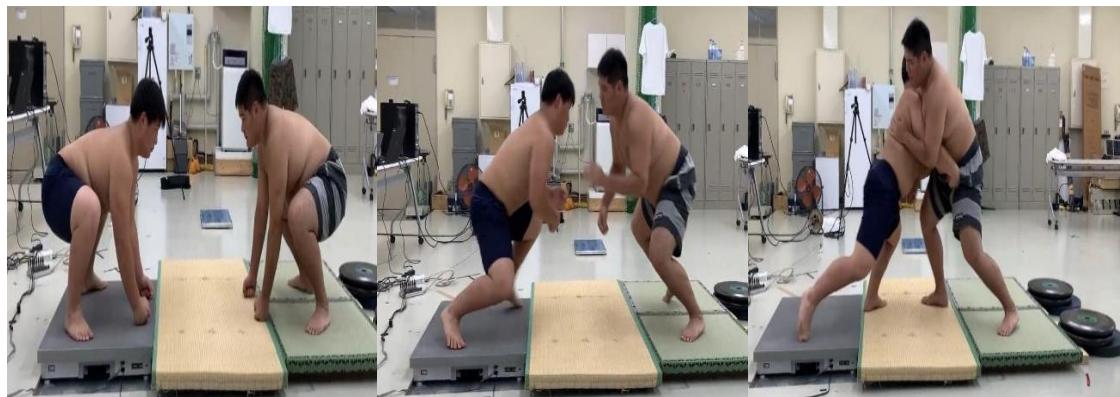


図1 立ち合い動作

4 分析方法・項目

スクワットジャンプおよび立ち合いの動作に関しては床反力計(0625,AccuPower,AMTI社製)を用いて測定した。床反力計から得られたデータに関してはAD変換器(EIRBZ22002369:CONTEC社製)を使用して、サンプリング周波数1000Hzでデジタル変換し、パソコン用コンピュータに記録した。すべてのデータをKinemaTracer(キッセイコムテック社製)に取り込み、各データを分析した。

(1)スクワットジャンプ

①立ち上がり時間(s)

スタートの静止状態の値から5SDを超えた地点をスタート地点として採用した²⁶⁾。スタート地点から鉛直成分が最大値を示した地点までの時間を、立ち上がり時間とした(図2)。

②最大速度(m/s)

得られた鉛直成分の値から、被検者の体重を引いた値をサンプリング時間(0.001秒)で乗じた。その値を合計し、離地時における速度を算出した。その最大値を最大速度とした(図3)。

③最大パワー(w)

得られた鉛直成分の力と速度を0.001秒ごとに乗じ、その最大値を最大パワーとした(図4)。

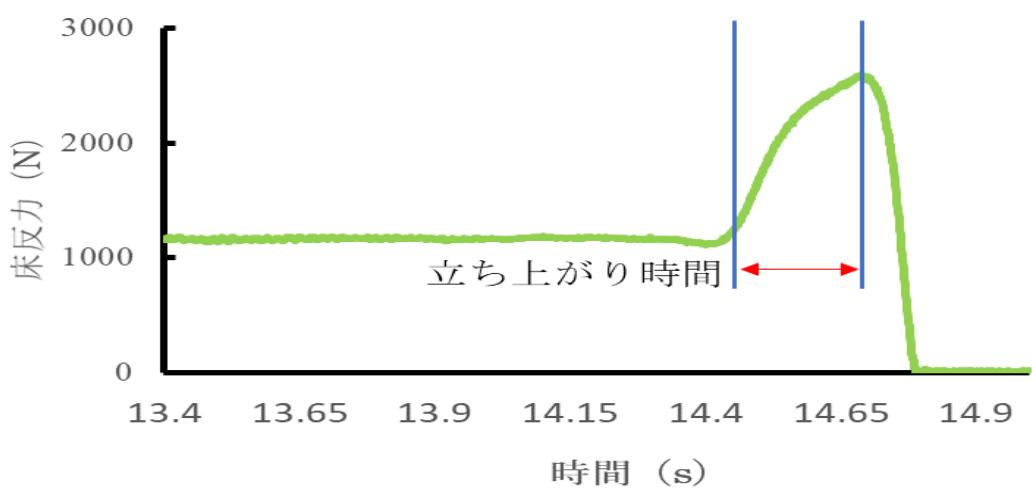


図 2 スクワットジャンプの立ち上がり時間

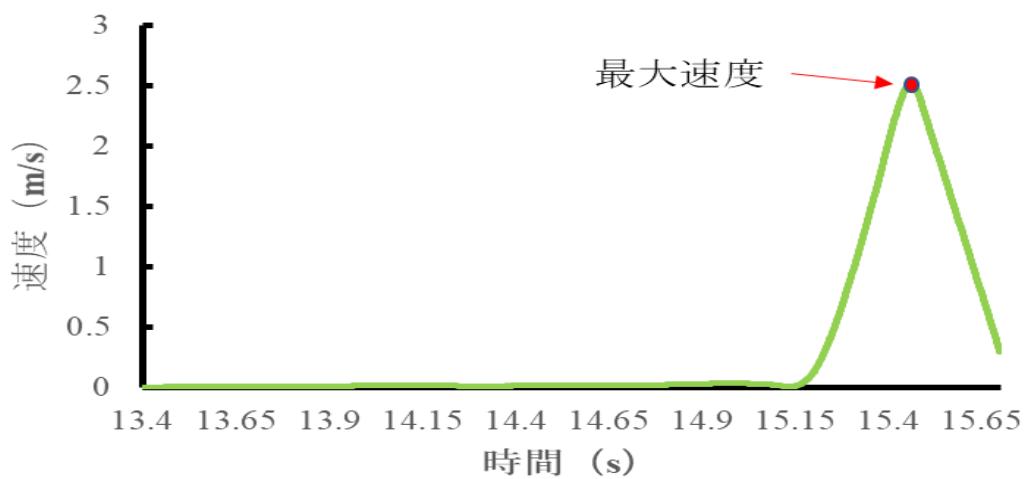


図 3 スクワットジャンプの最大速度

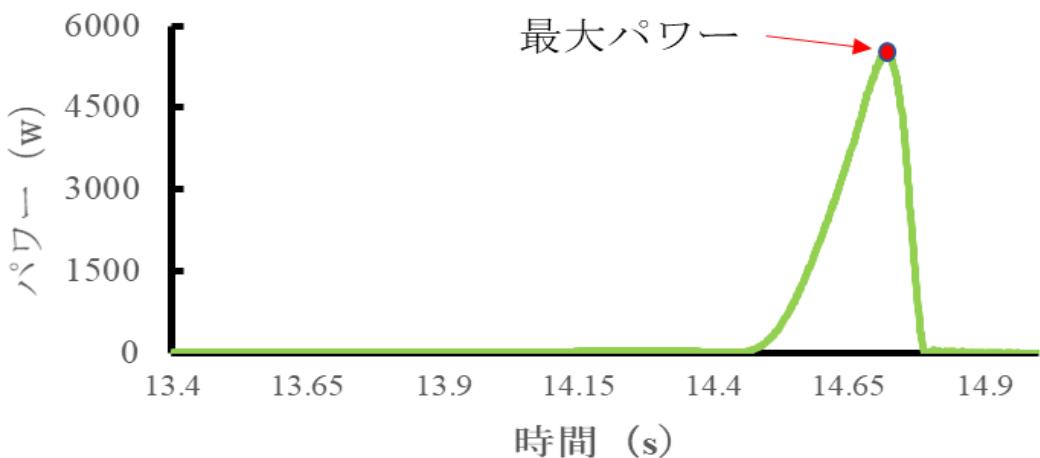


図 4 スクワットジャンプの最大パワー

(2)立ち合い

①水平成分の最大値(N/kg)

床反力計から得られた生データの水平成分における最大値とした。すなわち立ち合い動作がスタートしてから足が床反力計から離地するまでの間における最大値とした(図5)。

②合成功力の最大値(N/kg)

床反力計から得られた生データの水平成分と鉛直成分を合成した床反力値の最大値とした。なお立ち合い動作がスタートしてから足が床反力計から離地するまでの間における最大値とした(図6)。

③合成功力の立ち上がり時間(s)

立ち合いの構えの姿勢での静止状態の値から、5SDを超えた地点をスタート地点として採用した²⁶⁾。スタート地点から合成功力の値が最大値を示した地点までの時間を、立ち上がり時間とした(図6)。

④最大速度(m/s)

得られた鉛直成分の値から、被検者の体重を引いた値をサンプリング時間(0.001秒)で乗じ、その値を合計して鉛直成分の速度を求めた。水平成分においては、構えた静止状態の際には力が加わっていないため、得られた水平成分の値をサンプリング時間で乗じ、その値を合計して水平成分の速度を求めた。得られた鉛直方向、水平方向の各速度を三角関数の合成で求め、その最大値を最大速度とした(図7)。

⑤運動量(kg・m/s)

運動量は質量と速度の積という法則から求めた。被検者の体重(kg)と最大速度で求めた値を乗じ、その値を運動量とした。

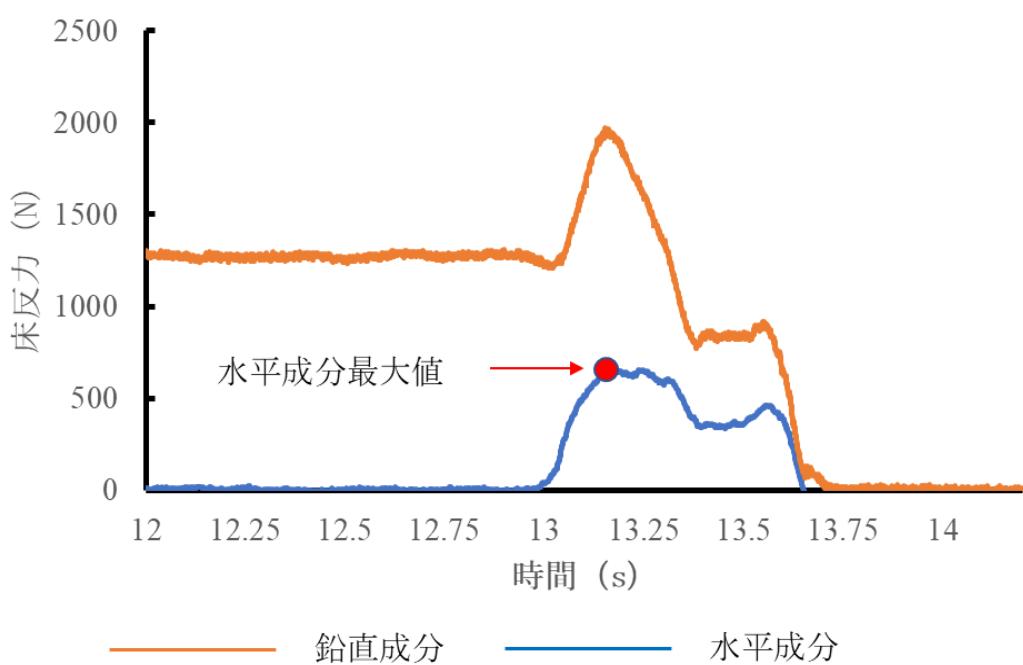


図 5 立ち合いの鉛直成分・水平成分の経時的変化

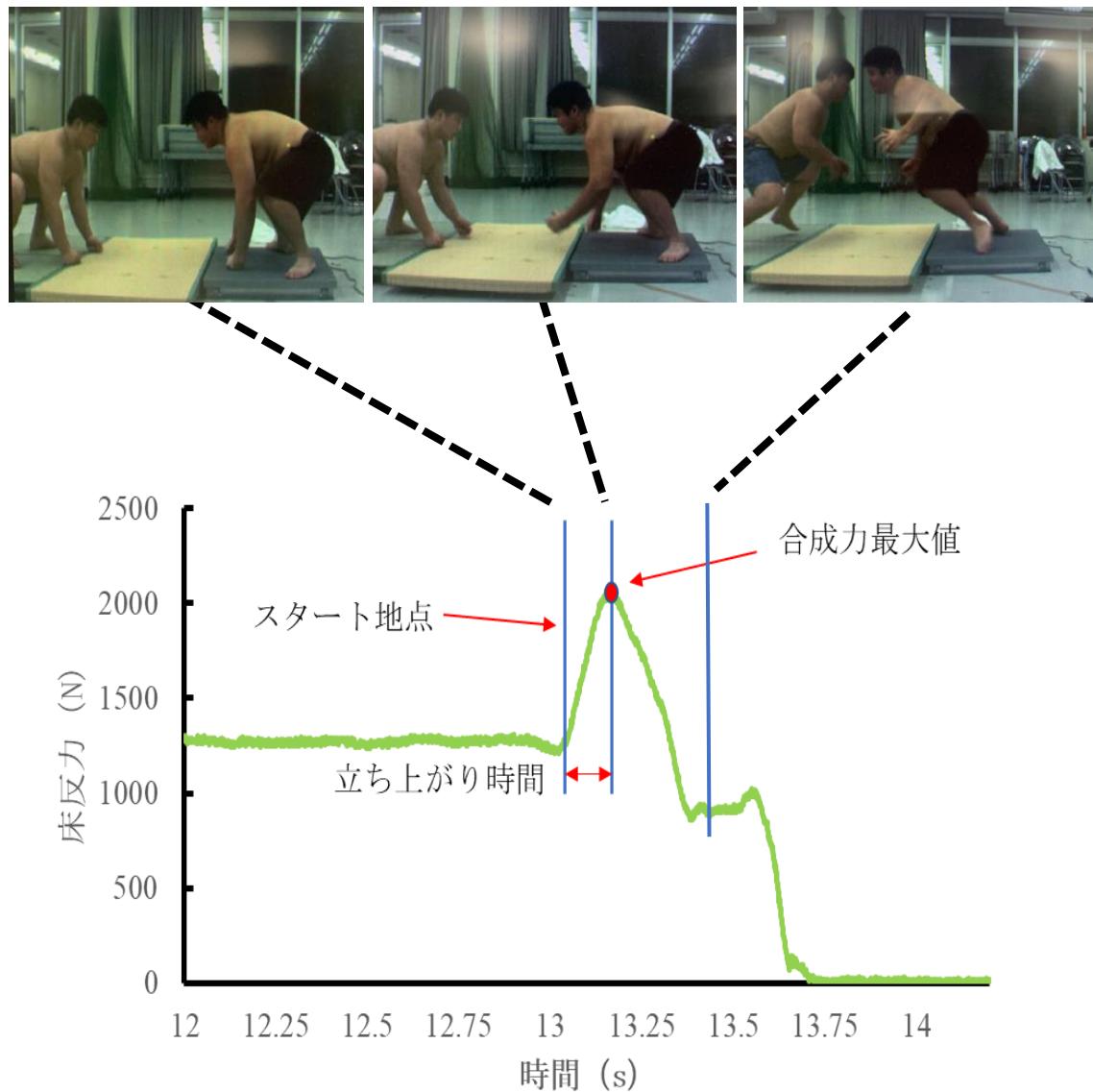


図 6 立ち合いの合成力の経時的変化

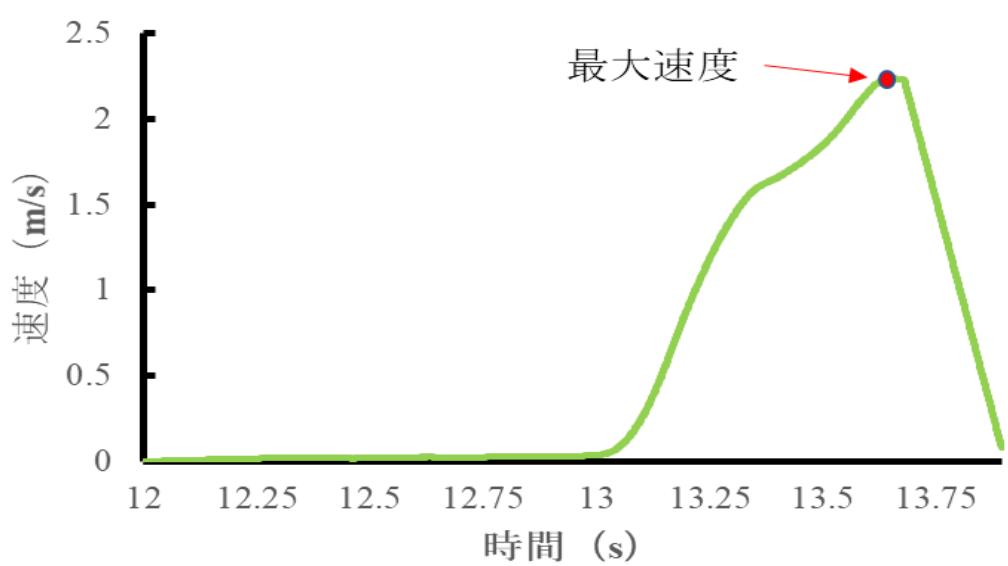


図 7 立ち合いの最大速度

5 身体組成の測定

体重, 除脂肪体重, 体脂肪量を算出した. 測定にはインピーダンス法を用いた体成分分析装置 (Inbody720, Bio Space 社製) を使用した. インピーダンス法は電気抵抗値を測定することで体組成を推定する方法であるため, 通電するよう被検者には足底部および手掌部にアルコールを含んだ脱脂綿で丁寧に拭くように指示した. その後電極部位に足裏を合わせて乗り, 直立して安静状態を保つよう指示した. 体内環境を整えるために, 測定の 3 時間前には食事を済ませておくよう被験者に指示をした. 着衣物の重量を考慮し, 風袋状態を 1 キログラムに設定した.

6 トップレベル選手と競技力下位群の選手との比較

競技力上位群の中でも, 学生相撲の中でトップレベルの選手 (選手 A) と競技力下位群の中でも選手 A と身長, 体重が類似している選手 (選手 B) のスクワットジャンプと立ち合いの分析項目を比較した. 選手 A と選手 B はともに押し相撲である. 選手 A は全国大会の個人戦で優勝経験があり, 学生相撲界でもトップレベルの選手である. また立ち合いの強さにも定評がある.

選手 A と選手 B の身長・体重を表 1 に示した. 選手 A と選手 B の形態は身長, 体重共に類似している.

表 1 選手 A と選手 B の形態

	選手A	選手B
身長 (cm)	178	176
体重 (kg)	124.6	120.7

7 統計処理

各測定項目において、競技力上位群と競技力下位群それぞれの平均値±標準偏差を求めた。競技力上位群と競技力下位群の検定には、対応のないt検定を用いた。またスクワットジャンプ、立ち合いの各項目は効果量を Cohen's d を用いて算出した。効果量の大きさは $d < 0.49$ は小、 $0.5 < d < 0.79$ は中、 $0.8 < d$ は大とした¹⁶⁾。また運動量と各測定項目の検定にはピアソンの積率相関係数を用いた。なお全ての統計処理には、解析ソフト（SPSS statistics version 24, IBM 社製）を使用し、危険率 5% 未満 ($p < 0.05$) をもって有意とした。

第 III 章 結果

1 競技力上位群と競技力下位群の身体組成

競技力上位群と競技力下位群における身体組成の各項目の結果を表 2 に示した。t 検定の結果、すべての項目において有意差は認められなかつた。

表 2 競技力間による身体組成の比較

	競技力上位群	競技力下位群	p 値	効果量
体重 (kg)	131.3 ± 16.6	111.4 ± 17.8	0.11	1.15
除脂肪量 (kg)	80.7 ± 4.3	74.1 ± 8.1	0.17	1.02
体脂肪量 (kg)	50.6 ± 12.9	37.3 ± 10.0	0.11	1.15

2 競技力上位群と競技力下位群のスクワットジャンプ

競技力上位群と競技力下位群におけるスクワットジャンプの各項目の結果を表 3 に示した。t 検定の結果、すべての項目において有意差は認められなかつた。効果量においては、すべての項目において大を示した。

表 3 競技力間によるスクワットジャンプの比較

	競技力上位群	競技力下位群	p 値	効果量
立ち上がり時間 (s)	0.20 ± 0.02	0.25 ± 0.04	0.06	1.58
最大速度 (m/s)	2.36 ± 0.19	2.50 ± 0.10	0.19	0.92
最大パワー (w)	5362 ± 668	5164 ± 736	0.68	1.27

3 競技力上位群と競技力下位群の立ち合い

競技力上位群と競技力下位群における立ち合いの各項目の結果を表 4 に示した。t 検定の結果、すべての項目において有意差は認められなかつた。効果量においては、合成功力の立ち上がり時間と運動量が大を示し、水平成分の最大値と合成功力の最大値、最大速度においては小を示した。

表 4 競技力間による立ち合いの比較

	競技力上位群	競技力下位群	p値	効果量
水平成分最大値 (N/kg)	5.36 ± 0.58	5.08 ± 0.67	0.52	0.45
合成功力最大値 (N/kg)	14.68 ± 1.08	14.70 ± 0.72	0.97	0.02
立ち上がり時間 (s)	0.16 ± 0.05	0.12 ± 0.02	0.08	1.05
最大速度 (m/s)	2.27 ± 0.09	2.32 ± 0.69	0.69	0.33
運動量 (kg · m/s)	297 ± 38	258 ± 50	0.22	0.87

4 選手 A と選手 B の身体組成の比較

選手 A と選手 B の身体組成の各項目を表 5 に示した。体重においては選手 A が 3.3%，除脂肪量においては 4.2%，体脂肪量においては 1.1% 上回った。

表 5 選手 A・選手 B の身体組成の比較

	選手A	選手B
体重 (kg)	124.6	120.7
除脂肪量 (kg)	80.0	76.6
体脂肪量 (kg)	44.6	44.1

5 選手 A と選手 B のスクワットジャンプの比較

選手 A と選手 B のスクワットジャンプの各項目を表 6 に示した。立ち上がり時間においては選手 A が 4.5%高い値を示した。最大速度においては選手 A が 2.1%高い値を示した。最大パワーにおいては選手 A が 7.8%高い値を示した。

表 6 選手 A・選手 B のスクワットジャンプの比較

	選手A	選手B
立ち上がり時間 (s)	0.21	0.22
最大速度 (m/s)	2.47	2.42
最大パワー (w)	5736	5291

6 選手 A と選手 B の立ち合いの比較

選手 A と選手 B の立ち合いの各項目を表 7 に示した。水平成分の最大値においては選手 A が 23.3%高い値を示した。合成功力の最大値においては選手 A が 2.2%高い値を示した。合成功力の立ち上がり時間においては選手 B が 50%高い値を示した。最大速度においては選手 A が 7.5%高い値を示した。運動量においては選手 A が 10.7%高い値を示した。

表 7 選手 A・選手 B の立ち合いの比較

	選手A	選手B
水平成分最大値 (N/kg)	6.26	4.80
合成功力最大値 (N/kg)	14.54	14.22
立ち上がり時間 (s)	0.22	0.11
最大速度 (m/s)	2.52	2.33
運動量 (kg・m/s)	312	279

7 運動量と体重, 最大速度の相関関係

(1) 運動量と体重

運動量と体重の関係を図 3 に示した. 運動量と体重の間における相関係数は 0.91 であり, 有意な正の相関関係が認められた ($p<0.001$).

(2) 運動量と最大速度

運動量と最大速度の関係を図 4 に示した. 運動量と最大速度の間における相関係数は 0.32 であり, 有意な相関関係は認められなかった.

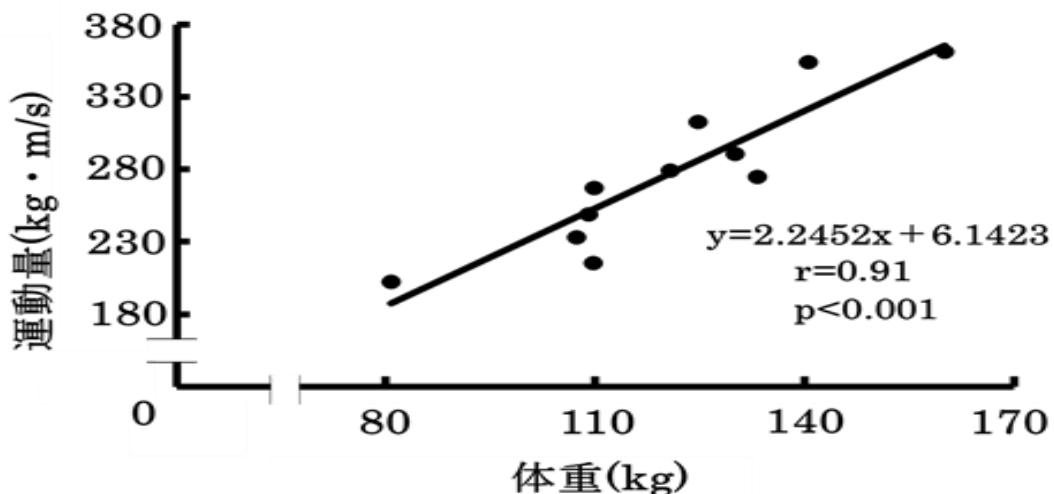


図 8 運動量と体重の相関関係

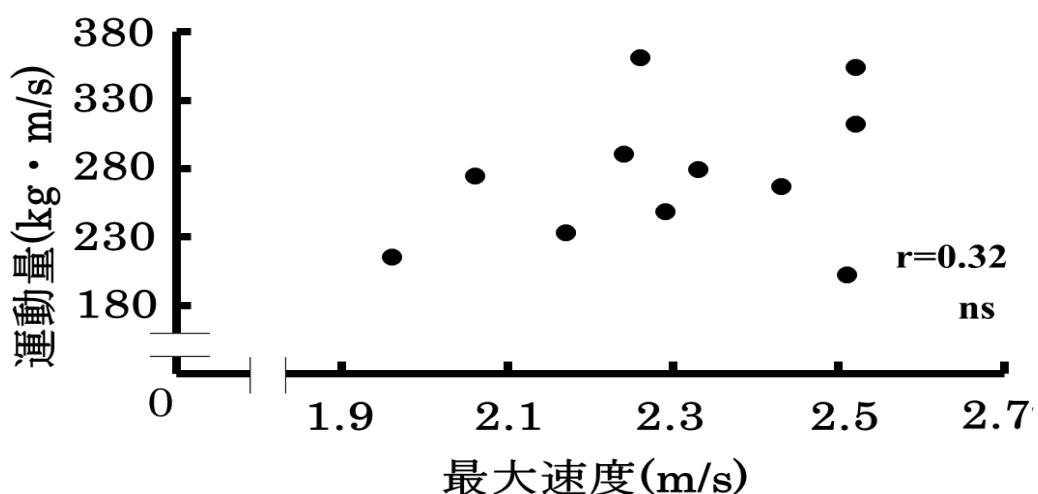


図 9 運動量と体重の相関関係

第 IV 章 考察

1 競技力と身体組成

本研究では、競技力上位群が競技力下位群を体重では約 20kg、除脂肪体重では約 6kg、体脂肪量では約 13kg 上回ったが、すべての項目において有意差は認められなかった。競技力と形態の関係について先行研究からは、筋量と密接に関わっていると報告されている。Hattori ら⁷⁾はプロの力士を対象に身体組成を測定し、上位力士は下位力士と比較して除脂肪体重の割合が多いと報告している。また斎藤ら²²⁾は学生相撲選手を対象とし、体重よりも除脂肪体重の方が競技力に大きく関係があると報告している。また、競技力と体脂肪量についても関係性が述べられており、桑森ら¹²⁾が立ち合いのパワーを脂肪増量のシミュレートをして測定しており、有意にパワーが上昇したと報告していることから相撲の競技力向上のためには体脂肪もある程度必要であると報告している。

本研究では、競技力と形態に差が認められなかったことから先行研究と異なる結果であった。この要因としては被検者が少数であったことが 1 つの要因であると考えられる。上記に記した先行研究のうち、斎藤ら²²⁾は競技力上位群を 12 名、競技力下位群 14 名とし、測定している。また Hattori ら⁷⁾は 36 名の力士を番付順に分類して調査している。本研究では競技力上位群が 5 名、競技力下位群が 6 名と被検者が少数であったため、平均値で見た場合は競技力と形態に差が表れなかったと考えられる。

2 競技力とスクワットジャンプ

スクワットジャンプの項目において最大速度以外で競技力上位群が競技力下位群を上回ったが、有意な差は認められなかった。力の発揮指標

の中でも立ち上がり時間は爆発的筋力の指標とされており、素早く、強力な筋の収縮において重要になる¹⁹⁾。そのためジャンプやスプリント、方向転換などの素早い動作と関連がある⁵⁾とされており、爆発的な力発揮が求められる競技においては、立ち上がり時間や立ち上がり率の向上が求められる。相撲においても爆発的な力発揮が求められると考えられるが、本研究では競技間で有意差が認められなかった。その1つの要因としては身体組成同様、被検者が少数であった点が考えられる。他の考えられる点としては、相撲の競技特性を反映した稽古方法が要因ではないかと考えられる。立ち上がり時間や立ち上がり率を高めるためには、ジャンプスクワットなどのバリスティックエクササイズが推奨されている²⁷⁾。しかし、相撲の稽古方法は四股やすり足などの姿勢保持を目的とした低速度で行われるトレーニングが多い。唯一爆発的な力発揮とともに立ち合いの反復練習があるが、これは水平方向に対しての力発揮であり、鉛直方向に対する力発揮を測定するスクワットジャンプは、相撲選手の適切な力発揮を正確に検出できなかった可能性が考えられる。立ち上がり時間と同様に、力の発揮指標である最大速度、最大パワーについても同様のことが考えられる。

これまで多くの先行研究^{10,24,25)}においてスポーツパフォーマンスと力速度曲線の関係が述べられている。短時間で勝負が決する相撲においても力・速度のどちらの要因も重要なと考えられるが、競技特性を考え、力の発揮方向を意識したトレーニングを処方する必要があると考えられる。

3 競技力と立ち合い

立ち合いのすべての項目で上位選手と下位選手の間に有意差は認められなかった。水平最大値や合成力最大値、立ち上がり時間や最大速度に関して差が表れなかった要因として、立ち合いの試技を実施する際、被検者に対して実際の取り組みのようにぶつかるよう指示をしており、本研究では全被験者が最大努力で相手にぶつかったわけではなかったことが考えられる。上位群の被検者の中には取り組みの際、立ち合いにて低い体勢で相手を待ち構えるような選手が数名存在した。つまり防御を目的とした立ち合いであると考えられる。この種の立ち合いが可能な理由として、体重が重いため最大努力で相手にぶつからなくても押し込まれることがなく、優位な試合運びが行えるという要因が考えられる。つまり、形態や競技力、相撲の取り口などによって立ち合いのタイプが分かれることが相撲の特性であることが明らかとなった。今後立ち合いの定量化を行う際は、立ち合いのタイプを区分して測定する必要がある。

運動量についても上位群と下位群の間に有意差は認められなかった。運動量は質量×速度で求められるため、最大速度に大きな差が無かったことから結果的に運動量にも差が表れなかったと考えられる。運動量と体重の相関関係においては有意な正の相関関係が認められたことから、運動量は速度よりも体重と関係があり、体重が重ければ運動量も高くなることが明らかとなった。桑森ら¹²⁾は、立ち合いのパワーについて脂肪増量をシミュレートして測定しているが、脂肪増量による体重増加であってもパワー発揮能力が高まると報告しており、体重と関連している結果を示した本研究と同様の結果を表している。

運動量は物体の運動の状態を表す物理量であり、相撲では立ち合いで相手よりも強く当たって先手をとることが重要とされているため、運動

量が 1 つの指標になると考えられる。本研究では、運動量と体重の相関係数は 0.91 であり、有意な相関関係が認められたことから質量である体重を増加させることが適切であると示唆された。しかし、その他の要因である速度も高めることによって運動量がさらに高まると考えられる。そのため、質量を高めながら力発揮能力を高めることが立ち合いの運動量を向上させるために必要であると考えられる。

4 選手 A と選手 B のスクワットジャンプ

スクワットジャンプにおいては全ての項目で選手 A が選手 B を上回った。特に最大パワーについては選手 A が 7.8% 上回っていた。押し相撲の場合、相手に力を加えるためのパワー発揮が要所で求められるため、脚伸展パワーを高めることが重要であると考えられる。選手 A は最大速度においても 2.1% 高い値を示しており、力速度曲線全体が高かったことが考えられる。Sleivert ら²⁵⁾や Young ら²⁸⁾は下肢伸展パワーが Sprint 走速度の向上に重要であると報告しており、下肢伸展パワーと爆発的な力発揮能力と関係していることから、押し相撲に関しては力速度曲線を高めるためのウェイトトレーニングが推奨される可能性が考えられる。Reyes ら²¹⁾は個人の力速度曲線をプロファイルしたものに適切なトレーニングをした場合、パワー発揮能力が向上したと報告している。力を向上させるためには最大筋力トレーニング、速度を向上させるためにはバリスティックエクササイズやプライオメトリックトレーニングなどが推奨されている。パワー発揮能力向上を高めるためのウェイトトレーニングを行うことで、爆発的な力発揮能力が求められる押し相撲の強化につながる可能性がある。今後は相撲のタイプによって力速度曲線をプロファイルし、現場で選手に適したトレーニングを処方できるようさら

なる調査が必要である。

5 選手 A と選手 B の立ち合い

選手 A・選手 B は互いに押し相撲であり、立ち合いの際は最大努力でぶつかっていると考えられる。立ち合いの項目の中でも選手 A が選手 B よりも大きく上回っていた項目は、水平成分最大値・最大速度・運動量であった。押し相撲の場合、立ち合いは対面している相手にいかに強くぶつかり、優位な体勢に持ち込めるかがポイントになる。そのため重い身体を加速させるための、水平成分の力を獲得することが重要になると考えられる。短距離の加速局面においては水平成分の力積が関係していることが明らかとなっている^{8,17)}。短距離の加速局面では身体の傾斜角度を強めることが重要であり、立ち合いの相手にぶつかる角度と類似しているため、相撲の立ち合いにおいても同様に水平成分の力が重要であると考えられる。最大速度では鉛直成分に比べ、水平成分の影響を大きく受けているため、結果として最大速度が高まり、運動量が高くなつたと考えられる。

以上のことから押し相撲の選手に対しては、水平成分の力を生成するトレーニングが推奨される。加速局面にて水平成分の力積を高める方法としてとしては、スレッドプルトレーニングやスレッドプッシュトレーニングが推奨されている^{2,11,29)}。押し相撲においてもこれらのトレーニングを行うことが推奨できると考えられるが、相撲は前方にいる相手を押すため、スレッドプッシュが行ったほうが効果的と考えられる。相撲の場合、股関節を外旋させた状態で前進するため、従来のスレッドプッシュのフォームではなく、相撲特有の姿勢で押す必要があると考えられる。

相撲の稽古場は地面が土であり、通常のスレッド走で用いられるそりを使用した場合、地面が削れる可能性がある。そのため、現場ではそりの代用としてタイヤを使用することが望まれる。例として図 10 に示した。



図 10 タイヤを代用したトレーニング方法

6 本研究の限界点

本研究では、2群間の比較を行ったが競技力上位群 5名、競技力下位群 6名と非常に少數であり、検定力が反映されづらい被検者数であった。

また、立ち合いを出力のみで算出したため、あくまで予測の最大速度であり、真の最大速度が明らかではない。また、立ち合いのタイプによって変化するため 3次元動作解析などで重心高や角度などを明らかにすることで定量化することが今後の課題である。

第 V 章 結論

本研究の目的は、学生相撲選手の立ち合いの出力を、競技力の高い選手と低い選手との比較から検討し、力発揮特性の差異を明らかにすることを目的とした。その結果、競技力上位選手と競技力下位選手の間に差は認められず、立ち合いのタイプによって出力が異なる可能性が考えられた。立ち合いの運動量については速度よりも、体重に依存していることが明らかとなった。

また押し相撲のタイプの選手で、競技力が高い選手は地面に対して水平方向に力を加えて加速している特徴がみられた。そのため、押し相撲の選手においては水平方向の力を生成するトレーニングが推奨される可能性が考えられる。

参考文献

1. Brazil, A., Exell, T., Wilson, C., Willwacher, S., Bezodis, I. N., & Irwin, G. (2018). Joint kinetic determinants of starting block performance in athletic sprinting. *Journal of sports sciences*, 36(14), 1656-1662.
2. Cahill, M. J., Cronin, J. B., Oliver, J. L., Clark, K. P., Lloyd, R. S., & Cross, M. R. (2019). Sled pushing and pulling to enhance speed capability. *Strength & Conditioning Journal*, 41(4), 94-104.
3. Cossor, J., & Mason, B. (2001). Swim start performances at the Sydney 2000 Olympic Games. In ISBS-Conference Proceedings Archive (Vol. 1, No. 1).
4. Fortier, S., Basset, F. A., Mbourou, G. A., Favérial, J., & Teasdale, N. (2005). Starting block performance in sprinters: a statistical method for identifying discriminative parameters of the performance and an analysis of the effect of providing feedback over a 6-week period. *Journal of sports science & medicine*, 4(2), 134.
5. Gruber, M., & Gollhofer, A. (2004). Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation. *European journal of applied physiology*, 92(1-2), 98-105.
6. Harland, M. J., Andrews, M. H., & Steele, J. R. (1995). Instrumented start blocks: A quantitative coaching aid. In ISBS Conference Proceedings Archive (Vol. 1, No. 1).
7. Hattori, K., Kondo, M., Abe, T., Tanaka, S., & Fukunaga, T. (1999)

Hierarchical differences in body composition of professional Sumo
wrestlers, ANNALS OF HUMAN BIOLOGY, VOL. 26, NO. 2, 179-
184.

8. Hunter, J. P., Marshall, R. N., & McNair, P. J. (2005). Relationships between ground reaction force impulse and kinematics of sprint-running acceleration. *Journal of applied biomechanics*, 21(1), 31-43.
9. 生沼芳弘. (1981). 日本社会における相撲の歴史. 東海大学紀要 体育学部, (11), p1-8.
10. Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Pareja-Blanco, F., Conceição, F., Cuadrado-Peñafield, V., González-Badillo, J. J., & Morin, J. B. (2017). Validity of a simple method for measuring force-velocity-power profile in counter-movement jump. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(1), 36-43.
11. Keogh, J. W., Newlands, C., Blewett, S., Payne, A., & Chun-Er, L. (2010). A kinematic analysis of a strongman-type event: The heavy sprint-style sled pull. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(11), 3088-3097.
12. 桑森真介, 近藤正勝, & 塔尾武夫. (1998). 相撲競技者における身体への荷重装着が「出足」のパワーに及ぼす影響—脂肪増量をシミュレートして—. *武道学研究*, 30(3), 1-9.
13. 桑森真介. (1995). 相撲競技者の競技力と形態および筋機能. *明治大學教養論集 通巻 273 号 (1995・1)* 97-110
14. 桑森真介, 西沢昭, 浅見高明, & 石島繁. (1987). 相撲選手の「立ち合い」におけるパワーおよび「当たり」の強さに関する研究. *武道*

- 学研究, 20(1), 24-31.
15. Majdell, R., and M.J.L. Alexander.(1991). The effect of overspeed training on kinematic variables in sprinting. *J. Hum. Mov. Stud.* 21:19-39.
16. Martinez, N., Campbell, B., Franek, M., Buchanan, L., & Colquhoun, R. (2016). The effect of acute pre-workout supplementation on power and strength performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 13(1), 29.
17. McBride, J. M., Blow, D., Kirby, T. J., Haines, T. L., Dayne, A. M., & Triplett, N. T. (2009). Relationship between maximal squat strength and five, ten, and forty yard sprint times. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(6), 1633-1636.
18. 仲村憲三, & 塚谷敏勝. (1969). 相撲競技の分析的研究. 武道学研究, 2(1), 48-48.
19. Newton, R. U., Murphy, A. J., Humphries, B. J., Wilson, G. J., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (1997). Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 75(4), 333-342.
20. 小川新吉, 古田善伯, 山本恵三, & 永井信雄. (1973). 相撲力士の体力科学的研究 (その 2)(関取の体力と発達). *体力科学*, 22(2), 45-55.
21. Rivière, J. R., Rossi, J., Jimenez-Reyes, P., Morin, J. B., & Samozino, P. (2017). Where does the one-repetition maximum exist on the force-velocity relationship in squat?. *International*

- journal of sports medicine, 38(13), 1035-1043.
22. 斎藤一雄, 桑森真介, & 近藤正勝. (2002). 学生相撲選手における競技力と身体組成, 体肢組成, および四肢筋力との関係. 武道学研究, 35(1), 25-33.
23. 斎藤一雄, 塔尾武夫, & 稲垣安二. (1991, September). 0931916 情報エントロピーからみた相撲のくずし技と決まり技の関係: くずし技から発展する決まり技のあいまいさ. In 日本体育学会大会号 第42回 (1991) (p. 771). 一般社団法人 日本体育学会.
24. Samozino, P., Rabita, G., Dorel, S., Slawinski, J., Peyrot, N., Saez de Villarreal, E., & Morin, J. B. (2016). A simple method for measuring power, force, velocity properties, and mechanical effectiveness in sprint running. Scandinavian journal of medicine & science in sports, 26(6), 648-658.
25. Sleivert, G., & Taingahue, M. (2004). The relationship between maximal jump-squat power and sprint acceleration in athletes. European journal of applied physiology, 91(1), 46-52.
26. West, D. J., Owen, N. J., Cunningham, D. J., Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2011). Strength and power predictors of swimming starts in international sprint swimmers. The Journal of Strength & Conditioning Research, 25(4), 950-955.
27. Winchester, J. B., McBride, J. M., Maher, M. A., Mikat, R. P., Allen, B. K., Kline, D. E., & McGuigan, M. R. (2008). Eight weeks of ballistic exercise improves power independently of changes in strength and muscle fiber type expression. The Journal of Strength & Conditioning Research, 22(6), 1728-1734.

28. Young, W., Mc Lean, B., & Ardagna, J. (1995). Relationship between strength qualities and sprinting performance. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 35(1), 13-19.
29. Zafeiridis, A., Saraslanidis, P., Manou, V., & Ioakimidis, P. (2005). The effects of resisted sled-pulling sprint training on acceleration and maximum speed performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 45(3), 284.
30. Zanoletti, C., La Torre, A., Merati, G., Rampinini, E., & Impellizzeri, F. M. (2006). Relationship between push phase and final race time in skeleton performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 579.

謝 辞

本学位論文の作成は、早稲田大学スポーツ科学学術院岡田純一教授の御指導のもと行われました。岡田先生には学部生の時からお世話になり、ご迷惑をおかけすることが多々ありましたが、いつも厳しくも優しい御指導をしていただきました。この2年間は私にとって大きく成長できた2年間であり、それも岡田先生のもとで学ぶことことができたからです。本当にありがとうございました。また、副査を快く承諾していただいた早稲田大学スポーツ科学学術院の射手矢先生と松井先生にもこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

そして、岡田研究室の方々にも大変お世話になりました。助教である木伏先生には研究デザインのアドバイスをして下さり、多くの場面でご指導していただきました。博士課程の山口さんには卒業論文、修士論文の御指導、大学院の入試の際には面接練習までしていただき、山口さんがいなければ修士で充実した2年間を過ごすことはできませんでした。武井さんには実験機材の使用方法や論文執筆の御指導、さらには部活動の相談にも乗っていただき、私にとって心のよりどころでした。趙さんには私が論文執筆で行き詰っている際、いつも優しく励まして下さり何度も助けられました。また、同期の皆さんには、知識がなかった私に対していつも手助けしていただき、励みになりました。本当にありがとうございました。

また、この実験に協力してくれた早稲田大学相撲部をはじめとする多くの方々に深く感謝申し上げます。

最後にこれまで温かく見守っていただいた家族に心より感謝申し上げます。これから少しでも恩返しできるよう、精進していく所存です。