

## <研究ノート>スポーツにおける押し動作の運動学的研究

著者	栗原 大祐
雑誌名	工作ニュース
巻	10
ページ	6-11
発行年	2019-04
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2241/00155631">http://hdl.handle.net/2241/00155631</a>

# スポーツにおける押し動作の運動学的研究

体育学専攻 栗原 大祐

## はじめに

押し動作は人が前方に力を発揮する行為であると定義されており、押された物の運動によって静的と動的な押し動作があるとされています<sup>1)</sup>。動的な押し動作に分類される福祉工学での手押し車に関する研究では、手押し位置により押す力が異なり、肩の高さでのハンドルがもっとも強かったこと<sup>2)</sup>や手押し時の前方への力発揮には腕の筋活動や体幹の傾斜が重要である<sup>3)</sup>と報告されています。これら一般の生活における押し動作については、物を押すための合理的な方法として多くの研究が行われています。

一方、スポーツ現場でみられる押し動作は相撲、ラグビー、アメリカンフットボール、ハンドボール、陸上競技の投擲系種目に見られる。押し動作は、衝突と類似する動作として捉えられ、「相手を枠外へ押し出す」、「相手を急停止させる」、「物質・物体を急発射させる」「相手を瞬間的な方向転換させる」などと定義されており<sup>4)</sup>、岡井は、押し動作においては、より大きい力を効率的に発揮させることが重要であるとしています<sup>5)</sup>。スポーツにおける押し動作の研究には、ラグビーのタックル時に見られる頸椎傷害に関連したタックル衝撃時の報告やアメリカンフットボールにおいて、タックル時の衝撃力や頭頸部への影響などの研究が行われています<sup>6)</sup>。押し動作を主な動作とする相撲においては、立合い時の三次元動作分析<sup>7)</sup>などに関する研究が行われています。

しかし、これらの研究には「押し動作」を主体とした相撲を含め、スポーツにおける「押し動作」の姿勢と押し反力を運動学的に検討したものはほとん

ど見られません。それゆえ、スポーツにおけるより効率的で安全な押し動作が明らかとなっておらず、押し動作を指導する上での基本的知見が定まっていないのが現状です。

本研究の意義としては、「押し動作」を運動学的に明らかにすることで、スポーツにおけるより効率的で安全な「押し動作」の方法が明らかとなり、「押し動作」を主体としたスポーツにおける「押し動作」の指導に対し有益な資料になり得ると考えました。

本研究では、「押し動作」の力学的特性および三次元動作を測定するため本研究用に工作センターで制作した押し動作の測定機器を用いて、押し動作時の壁反力、床反力、および押し動作姿勢を計測・検討し、その特性を明らかにすることを目的としました。

## 実験装置の開発

スポーツにおける押し動作を測定するために、また「スポーツにおける押し動作」に習熟した大相撲力士や高重量の人間が押す事も考え、力士の衝突力の先行研究結果や相撲部屋に設置してある「てっぽう柱」の施工状況などの情報を基に本研究のために作成した「押し動作測定装置」は、押し動作の力学的特性を測定するために工作センターの堀先生との話し合いの中、考案されたものです。「押し動作測定装置」は、壁反力と床反力をフォースプレートを用いて同時に計測することができ、大相撲力士がフォースプレートを押しても強力な押し動作に耐え得るように計算、設計してあります。各梁の最大応力は材料の降伏点245MPa以下となり、本構造物は備え付けたフォースプレートに対し10kNの押す力に十

## 研究ノート

分耐えられる設計になっており、約471kg という重量を確保しています（図1、2、3、4、5）。

### 方法

#### 被験者

被験者は、右手、右足が利き手、利き足である健康成人男性6人を一般群、「押し動作」を主とする種目であるT大学陸上競技部投擲系ブロック6人を競技者群とした。

#### 実験試技

実験試技は押し動作測定装置を用いて、次にあげる3試技で本装置に固定されているフォースプレートに最大努力で5秒間押すように被験者に指示した。



図3 押し動作測定装置の正面上方からの状況



図1 押し動作測定装置 全体像

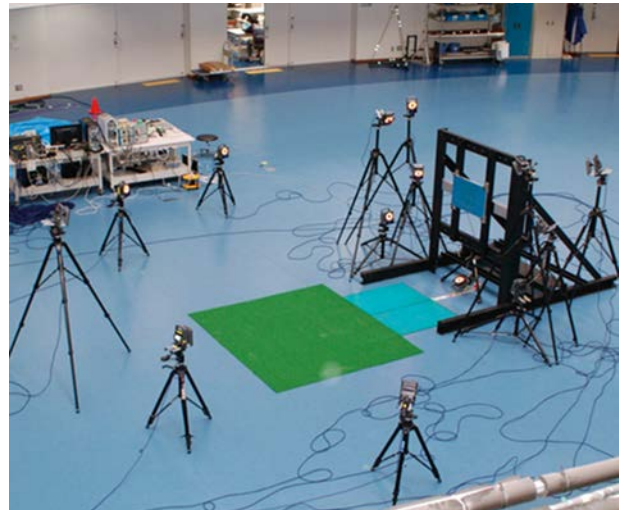


図4 押し動作測定装置を用いた機材設置状況

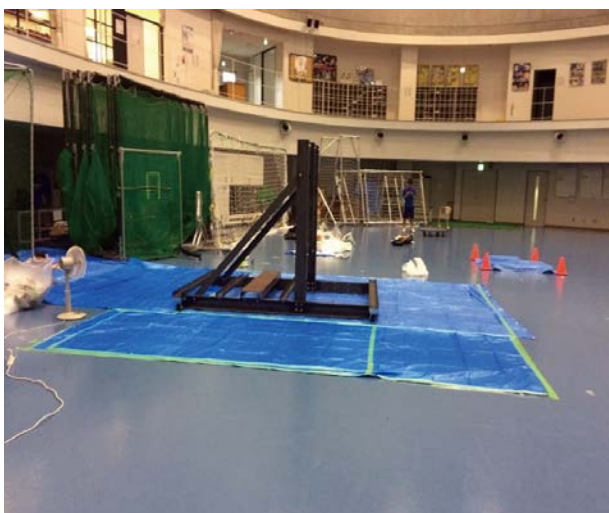


図2 押し動作測定装置 側面像

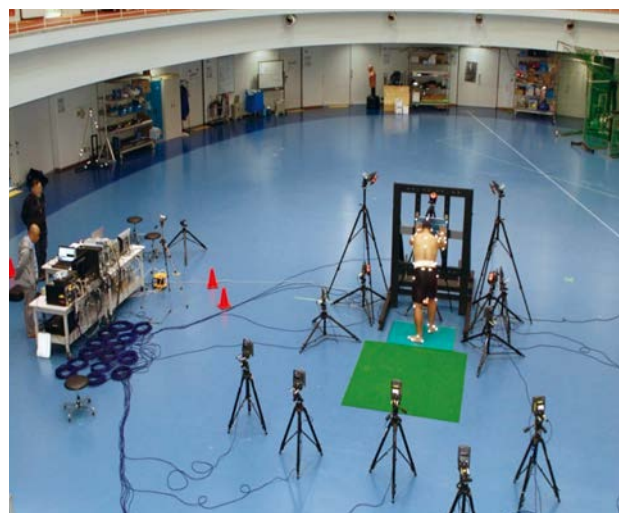


図5 押し動作測定装置を用いた実際の実験状況

3 試技は、①両足を平行にして両手でフォースプレートを押す試技（以下 BB 試技）、②右足を前に出して両手でフォースプレートを押す試技（以下 BR 試技）、③陸上競技投擲種目（砲丸投げ）や相撲競技の押し動作に見られる右足を前にして右手でフォースプレートを押す試技（以下 RR 試技）とした。被験者は十分なウォーミングアップを行い、3 試技に慣れるまで練習を行い、BB 試技、BR 試技、RR 試技の順に実施した。なお、1 試技は 3 回ずつ行い、試技間には 3 分間の休憩を設けた（図 6）。

### 壁反力と床反力、関節角度のデータ算出

前面の壁に加える押し動作時の力の測定については、脇田ら<sup>8)</sup>、Sanjaya ら<sup>9)</sup>の研究を参考に、垂直板に固定したフォースプレートにより前方分力(Z方向)、上方分力(X方向)、側方分力(Y方向)を記録した。

床反力の測定については、床面と水平にフォースプレートを設置し、側方分力(X方向)、前方分力(Z方向)、上方分力(Y方向)を記録した。関節角度は 3 次元動作解析装置 (VICON NEXUS) を用いてオイラー角を記録した。赤外線カメラ14台使用し、阿江47点法に基づき身体47か所に反射マーカを貼付した。なお、床反力および下肢関節角度は、左側のみを分析対象とした（図 7）。

## 結果

### 試技間の比較

試技間の比較では、壁作用力、床反力、下肢関節角度において、一般群、競技者群ともに有意差は認

められなかった。以降の結果は、一般群と競技者群との比較を示す。

## 1. 壁作用力

### 1.1 壁作用力の前方向 (z 方向)

壁作用力の前方向 (z 方向) に関して、BB (両手両足) および RR (右手右足) において、競技者群が一般群に比べ有意に大きな値を示した ( $p < 0.05$ ) (図 8)。

### 1.2 壁作用力の上方 (x 方向)

壁作用力の上方 (x 方向) に関して、すべての試技において競技者群が一般群に比べ有意に大きな値を示した ( $p < 0.05$ ) (図 9)。

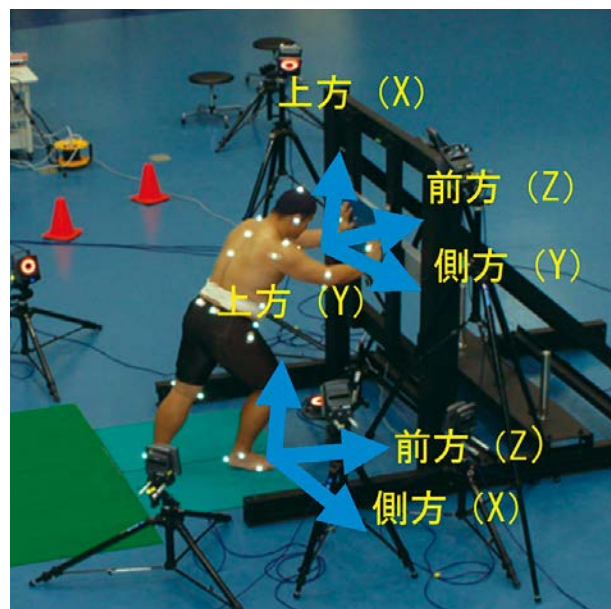
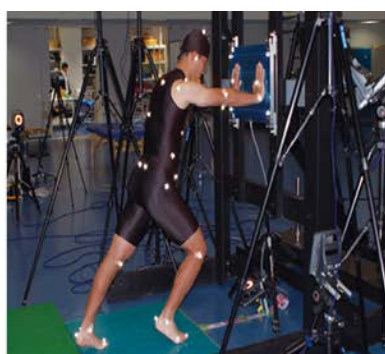


図 7 実験時座標軸



両手両足 (BB試技)



両手右足 (BR試技)



右手右足 (RR試技)

図 6 押し動作各試技

## 2. 壁作用力 (体重比)

### 2.1壁作用力 (体重比) の前方向 (z 方向)

壁作用力 (体重比) の前方向 (z 方向) に関して、BP (両手両足) で競技者群が一般群に比べ有意に大きな値を示した ( $p < 0.05$ ) (図10)。

### 2.2壁作用力 (体重比) の上方向 (x 方向)

壁作用力 (体重比) の上方向 (x 方向) に関して、競技者群と一般群との間に有意な差は認められなかった (図11)。

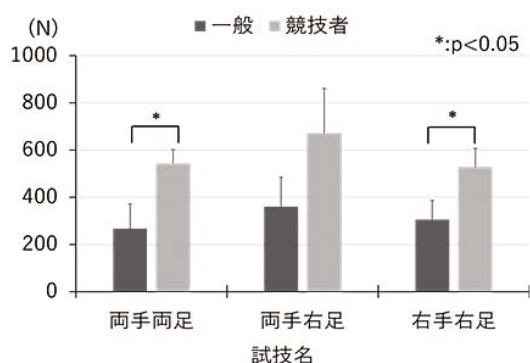


図8 壁作用力・前方向 (z方向)

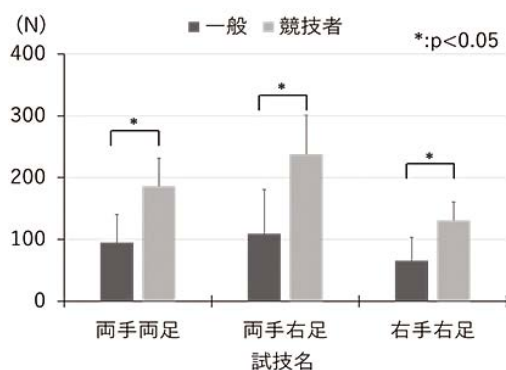


図9 壁作用力・上方向 (x方向)

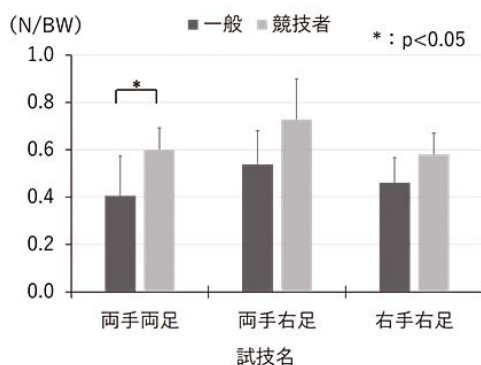


図10 壁作用力 (体重比)・前方向 (z方向)

### 2.3左股関節内外転角度

左股関節内外転角度に関して、BR (両手右足) で競技者群が一般群に比べ有意に大きな内転角度を示した ( $p < 0.05$ ) (図12)。

### 2.4左股関節外旋角度

左股関節外旋角度に関して、BB (両手両足) で競技者群が一般群に比べ有意に大きな外旋角度を示した ( $p < 0.05$ ) (図13)。

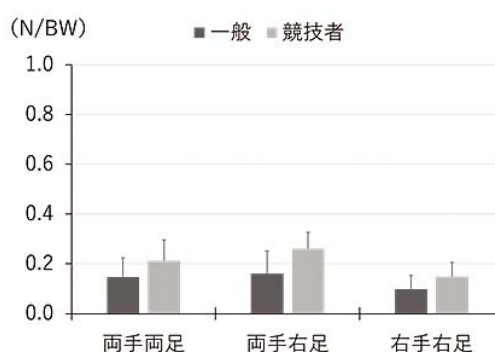


図11 壁作用力 (体重比)・上方向 (x方向)

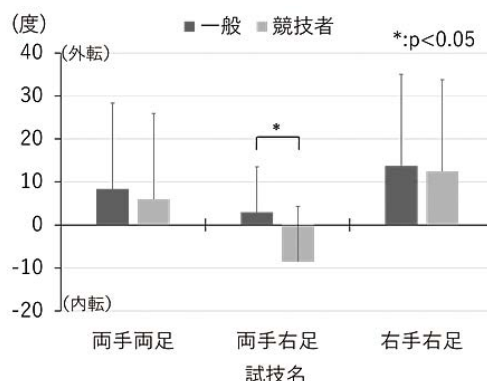


図12 左股関節内外転角度

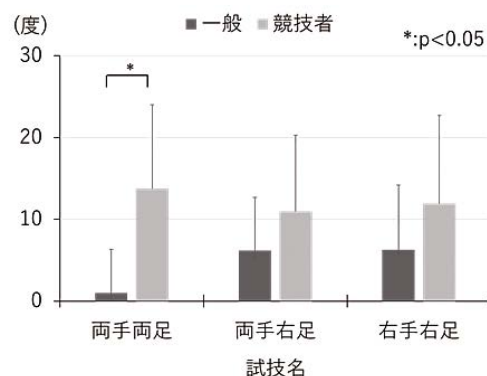


図13 左股関節外旋角度

### 考察

壁作用力に関しては一般群、競技者群ともに各試技間で有意な差が認められなかったことから、壁に対する押す力は、押し方による違いがないと言える。壁作用力の、一般群と競技者群の比較では、両手両足・右手右足の試技における前方向に押す力と、すべての試技における上方向に押す力は、競技者群が一般群よりも大きい値を示した。このことは、競技者が前に押す時に前上方向に強く押していると考えられる。しかし、体重比の結果では、壁作用力上方向の値で両群間に有意な差がなかったことから競技者が前に押すときは体重を上方に預けるようにして押していると考えられる。

下肢の関節角度は一般群、競技者群ともに各試技間で有意な差は認められなかった。このことは前に押すという行為における下肢の動作様式に相違がないことを示す。一般群と競技者群を比較すると、左股関節内外転角度において、両手右足の試技で競技者群が一般群よりも内転角度が大きい値を示した。このことは、右足を前にして両手で押す時には、左股関節を内側に締め、膝を中に入れるように押していることが分かる。これは、押し動作を主に行う競技者の動きの特性であると考えられる。また、両手両足試技における左股関節内外旋角度において、競技者群が一般群に比べて外旋角度が大きい値を示した。両手両足試技の壁作用力の体重比においても、

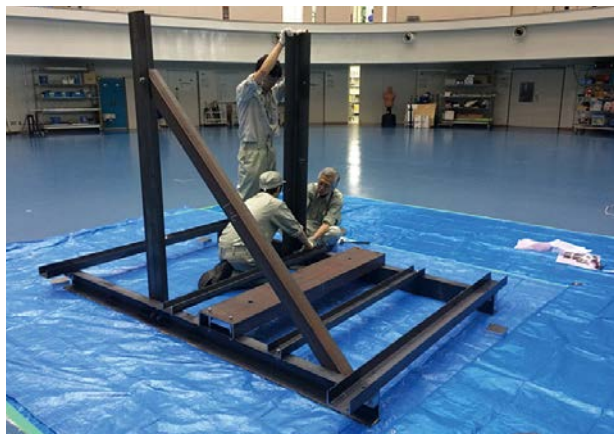


図14 SPEC・体育統合実験棟内での工作風景

競技者群が一般群に比べて大きい値を示したことから、両足を平行にして両手で押す場合は、股関節を外旋した方が強く押せると考えられる。

### 研究の限界と今後の展望

本研究では、データの偏差が非常に大きく、個人差が強く出た結果となった。これは、押し動作の厳格な規定はせず、足の位置と押す手を両手か片手かにするのみで、被験者が最も強く押せる姿勢を自由にすることが要因となっていると考えられる。しかし、このことから押し動作には個人差が大きいということを確認することが出来た。従って、より効率的な押し動作を見出すためには、動作を規定し、介入を行いその前後での比較をする必要があると考えられる。

### 本研究の結論

1. 作用力、床反力および下肢関節角度のすべての計測項目において、各試技間で、一般群、競技者群ともに有意な差は認められなかった。
2. 壁作用力の前方向は、両手両足と右手右足の試技で競技者群が、一般群よりも有意に大きな値を示した。

### おわりに

本研究では、図14の写真のように施工時は体育統合実験棟（SPEC）の初夏の暑い環境である現場で作業して頂き、図15の写真にあるような実験装置への追加加工など「押し動作測定装置」の製作に



図15 SPEC・体育統合実験棟外での追加加工

あたり研究基盤総合センター工作部門の先生方、職員の方には大変お世話になりました。この研究は、筑波大学という総合大学の強みを生かした体育系から理工系などの様々な分野の方々の協力が無ければほぼ不可能でした。最初の自分の無理難題から設計の段階、研究計画の細部や使用する赤外線反射を利用する三次元動作解析装置に対する装置の塗装方法・塗料など様々な実験に関する事を約1年間に渡り御相談頂いた堀先生には深く感謝を申し上げます。

### 参考文献

1. Chow AYY (2006): Investigation on hand forces, shoulder and trunk muscular activity patterns and EMG/force ratios in push and pull exertion. Master Thesis. University of Waterloo, Waterloo.
2. Marc L. Resnick, Don B. Chaffin (1995): An ergonomic evaluation of handle height and load in maximal and submaximal cart pushing. *Applied Ergonomics*. 26(3), 173-178.
3. Marco J.M. Hoozemans, Wilmien Slaghuis, Gert S. Faber, Jaap H. van Dieën (2007): Cart pushing: The effects of magnitude and direction of the exerted push force, and of trunk inclination on low back loading. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 37, 832-844.
4. 石井喜八 (2002) : スポーツ動作学入門
5. 岡井理香 (2010) : 押し動作時の外乱に対する姿勢制御方略. 奈良女子大学大学院人間文化研究科年報. 25, 257-270.
6. Elliot J. Pellman, David C. Viano, Andrew M. Tucker, Ira R. Casson (2003): CONCUSSION IN PROFESSIONAL FOOTBALL: LOCATION AND DIRECTION OF HELMET IMPACTS—PART 2. *Neurosurgery*. 53, 1328-1341.
7. 中林哲郎, 白土男女幸, 大西明宏, 久米雅, 服部祐兒, 芳田哲也 (2008) : 大学相撲選手における立合いの3次元動作分析. 日本機械学会シンポジウム講演論文集23(8), 223-227.
8. 脇田裕久, 富田伊久磨 (2011) : 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. 62, 1-8.
9. Kadek Heri Sanjaya, Soomin Lee, Andar Bagus Sriwarno, Yoshihito Shimomura, Tetsuo Katsuura (2014): THE EFFECT OF DIFFERENT TRUNK INCLINATIONS ON BILATERAL TRUNK MUSCULAR ACTIVITIES, CENTRE OF PRESSURE AND FORCE EXERTIONS IN STATIC PUSHING POSTURES. *J. Hum. Ergol.* 43, 9-28.
10. 栗原大祐, 大津卓也, 白木仁 (2018) : スポーツにおける押し動作の運動学的研究. 日本トレーニング科学会編 トレーニング科学 30.3.187

本研究・実験に関する問い合わせ  
kurihara.daisuke.xw@alumni.tsukuba.ac.jp  
(栗原 大祐)