

# 空手道組手選手の機能解剖的前・後肢踏切脚特性

Characteristic of the function of anatomize to back and front takeoff leg  
in a karate players.

体育学部健康科学科  
飯出 一秀

IIDE, Kazuhide  
Department of Health Science  
Faculty of Physical Education

体育学部健康科学科  
古山 喜一

FURUYAMA, Yoshiichi  
Department of Health Science  
Faculty of Physical Education

体育学部健康科学科  
早田 剛

HAYATA, Gou  
Department of Health Science  
Faculty of Physical Education

長崎国際大学大学院健康栄養研究科  
小出 光秀

KOIDE, Mitsuhide  
Nagasaki International University

長崎国際大学大学院健康栄養研究科  
今村 裕行

IMAMURA, Hiroyuki  
Nagasaki International University

**Abstract :** The purpose of this study was to investigate the characteristic of the back and front takeoff leg in a karate grappler using ground reaction force, motion analysis from video camera. Ten collegiate male students were analyzed. The participants were assigned to two groups (grade holder group, n=6; non-holder group, n=4).

In all subjects, the front leg affect for posture maintenance before the stab movement start. Subsequently, Weight movement happened from a foreleg to a hind leg right before forward movement happened. Time to need from Peak ground reaction force of hind leg to stab movement end were mean 0.16 seconds in the grade holder group, but 0.37 seconds in the non-holder group. Karate grappler has strong in power to jump into forward relationship of hip extension, knee flexion, ankle dorsiflexion and muscle strength. Our results indicated that, when karate grappler moved forward by a jab, it's early and at the top speed by smooth weight movement to a hind leg because of appropriate lower leg. These result suggest that time of a jab was shorten until a movement end. Furthermore, it was thought that the reinforcement of the jump power in the right and left one leg was important to forward movement.

**Keywords :** karate players, ground reaction force, joint characteristics, function of anatomize

## I はじめに

空手道組手競技で多用される突き技（競技で使用される突き技：上段突き・中段突き）は構えの位置（右構え=右上肢，右下肢が後方位；以下，右構え。左構え=左上肢，左下肢が後方位；以下，左構え）から後

方へ体重移動を行い，後肢の踏み切りを強く行う。その力を体幹の捻りと共に，上肢に強い力を伝達し，突き動作が遂行される<sup>12)</sup>。この突き技は短時間で爆発的なパワーを発揮することにより身体重心を前方移動させることが要求される。

バレーボール競技やバスケット競技では高い空間で

のプレーを有利に導くためにはより高い跳躍力が必要とされるが<sup>7)</sup>、空手道競技ではより高い跳躍高ではなく、いかに素早く、かつ遠くへ身体重心を前方（水平）移動することによりプレーを有利にさせる<sup>9)</sup>。その前方移動を行う際に空手道組手選手では大きく二種類の踏み切り脚の使い方があり。一つはボクシング同様のフットワークでステップを使い、上下または前後のリズムを取り前方移動の際に身体重心の移動を伴うもの、もう一つはステップを使用せずあたかも静止しているような構えから後肢を強く蹴り出し突き動作を行う方法である。この際、できる限り身体重心の上下移動を減少させることが重要である。このように多くの選手はこの二種類の方法を使い分けて前方移動を行い、突き動作を遂行させる。このような身体重心の前方移動を行う際に重要と思われるのが構えからの後肢の踏み切りの脚力ではないかと推察される。

本研究は空手道組手競技で多用される突き技での後肢の特性を分析し、空手競技に則したトレーニング法またはリハビリテーションなど競技復帰の際に下肢トレーニングの一つの指標を探れるのではないかと考えた。また、今回はこの後肢の使い方に注目し、空手道組手選手の特徴的な踏み切り脚の特性を機能解剖的に調査することを試みた。

## II 目的

本研究では空手道組手選手が突き技を行った際の前・後肢踏切脚の特性についてフォースプレートやビデオカメラを用いて床反力や画像からの分析を行うことで、空手道組手選手での踏み切り脚の特性を機能解剖的に分析し、空手道組手選手のトレーニングまたはリハビリテーションの方向性を探ることを目的とした。

## III 対象および方法

本研究では突き技での前・後肢床反力とビデオカメラを同期させ記録した。被検者は大学空手道部男子10名（有段者〈以下、U群〉6名、無段者〈以下、M群〉4名、身長：173.9±9.0cm、体重：69.7±8.0kg、年齢：19.3±0.9歳）である。2台のフォースプレート上に前・後肢を合わせ、目標物として前方に対戦者を立たせた（図-1）。

各被検者の間合いは各自の自由設定とし、中段逆突きを行わせ、前・後肢の床反力を計測した。計測項目

は1) 前肢垂直成分（以下、Mv）2) 前肢水平成分（以下、Mh）3) 後肢垂直成分（以下、Kv）4) 後肢水平成分（以下、Kh）である。同時に毎秒60コマで右側からビデオ撮影を行い、床反力と同期させ、蹴り出し開始から目標への到達時間を計測した。



2台のフォースプレート上に前・後肢を合わせ、目標物として前方に対戦者を立たせた。間合いは各自の自由設定とし、中段逆突きを行わせ、前・後肢の床反力を計測した。

図-1 床反力での実験風景

## IV 結果

前肢および後肢の床反力の垂直・水平分力、画像より突き到達時間をU群とM群で比較した。計測開始時のMhは3.1 (53.6～ -13.6) kg, Mv21.7 (38.8～ -17.4) kg, Kh7.84 (35.2～ -5.7) kg, Kv40.2 (61.6～ -0.8) kgであった。構えの状態ではMvに加重され、Mhでは負の力が働いていた。これは前・後肢ともに姿勢保持に使われていることを示している。後肢でのpeak値（以下、PKh, PKv）はPKh=52.4kg, PKv=116.9kgで、PKh, PKv時のMhは0.66 (7.0～ -0.7) kg, Mvは0.49 (4.5～ -0.7) kgであった。peak値での姿勢はKh, Kvである後肢に加重され、Mh, Mvではpeakがみあらず、前肢荷重は少なかった。ビデオカメラの映像から到達時間を割り出し、PKh, PKvから突き動作が終了（突きが目標物に届くまで）するまでに要した時間はU群では平均0.16secであるのに対し、N群では平均0.37secであった（図-2）。

U群における中段逆突きでの前・後肢の床反力と突き到達時間では、静止状態から突き動作に移ることがフォースプレートの波形で確認できる（図-3・4）。それに比較し、M群ではMv, Mh, Kv, Khのいずれの方向に働く外力の波形に大きな乱れが生じ（図-

5). 後肢を大きく移動させていることが確認される。さらに後肢踏切が大きく2度にわたる波形などが確認できる(図-6)。

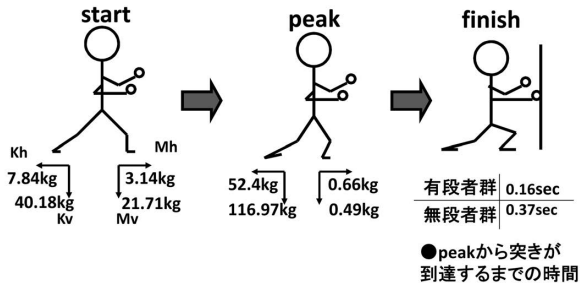
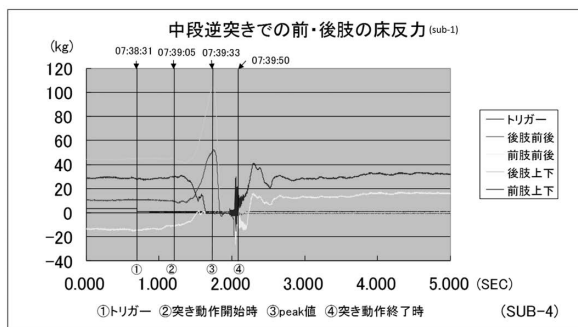
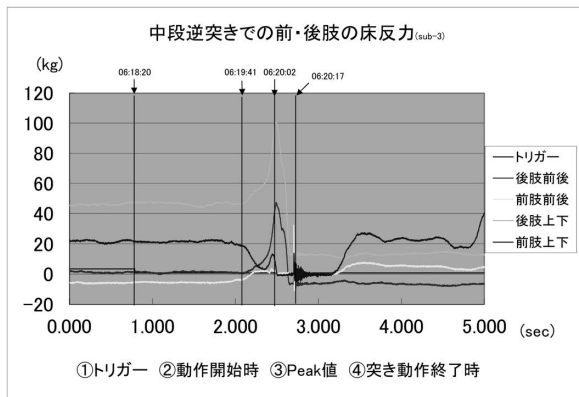


図-2 中段逆突きにおける経時的变化の模式図



1回目のpeak値からの目標到達時間=0"17

図-3 有段者による中段逆突きでの前・後肢の床反力と突き到達時間

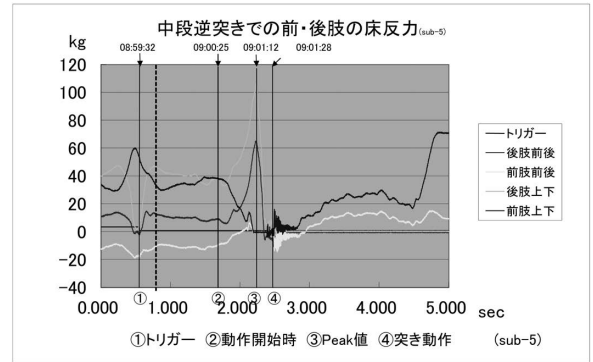


1回目のpeak値からの目標到達時間=0"15

図-4 有段者による中段逆突きでの前・後肢の床反力と突き到達時間

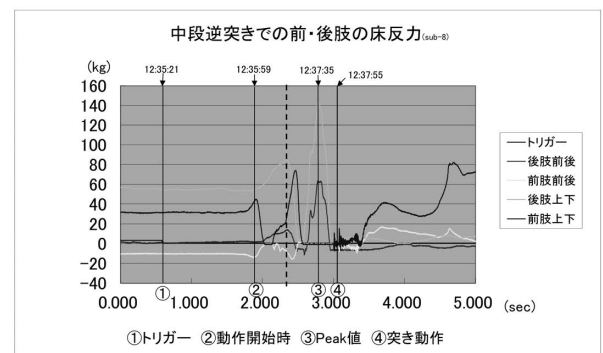
## V 考察

空手道で多用される突き技は短時間で爆発的なパワーを発揮することにより身体重心を水平移動させることが要求される。この水平移動を短時間で行うことにより競技を有利にすることが可能である。これら



1回目のpeak値からの目標到達時間=1"80

図-5 無段者による中段逆突きでの前・後肢の床反力と突き到達時間



1回目のpeak値からの目標到達時間=0"88

図-6 無段者による中段逆突きでの前・後肢の床反力と突き到達時間

を引き出すトレーニングとして行われているのがプライオメトリックスである。この運動は筋の伸張反射を引き出し、爆発的・反動負荷様式の運動を用いるトレーニングであり<sup>2) 5)</sup>、このような運動はStretch Shortening Cycle (以下、SSC) 運動によって遂行されるとの報告が多い<sup>1) 4) 6) 7) 9)</sup>。このSSC運動では 1. 筋力の立ち上げ時間 2. 筋紡錘からの伸長反射 3. 予備緊張 4. ゴルジ腱反射による抑制 5. 弾性エネルギーの蓄積と再利用の5つの要素が関係している<sup>2)</sup>。今回の実験の目的は空手道組手選手の前・後肢踏み切り脚の特性を見つけ出し、トレーニング法の一方向性を見出すことである。

ジャンプ力の劣る被験者に比較してジャンプ力に優れた被験者では床反力の立ち上がりが急峻である。また積分筋電図の報告でも立ち上がりが急峻となり、単位時間当たりの筋放電量も大きく、高速度での高い筋出力発揮が可能であるとしている<sup>8)</sup>。床反力での急峻な立ち上がりは 1. 高速度での大きな筋出力を発揮する 2. 主動筋の運動単位を多く動員する 3. 選択的に速筋を動員する能力に優れているものと考えられ

る<sup>9)</sup>。以前、我々の研究結果から有段者群は無段者群に比べ単位時間当たりの床反力が強く、トップスピードに早く到達できるものと思われるが、有段者群は無段者群でのpeak値に差がみられないことは空手道の突き技は後肢での床を蹴る力だけではないことを示唆しているのではないかと推察される<sup>3)</sup>。

計測開始時での構えの状態ではMvにも加重されているが、Mhでは(－)方向に作用している。これは主に姿勢保持に前足が使われていると考えられる。その後、Kh、Kvがpeak値に近づくにつれ前肢Mh、Mvはフォースプレート上から離れ(－)方向に向かう。これは突き動作では前肢に必要な加重はないものと思われ、突き動作ではKh、Kvでの後肢への重心移動が前方へ移動する際に重要ではないかと推察される。またM群では突き動作の初期段階で後肢加重が起こり、しゃがみ込み抜重がみられない。これは後方に体幹を反り、前肢を大きく上げてその反動で前方移動を起こしているものと考えられる。これに対し有段者では小さなしゃがみ込みと後方への体重移動が同時に起こる。この有段者の動作で重要なことは関節の動きであり、足関節、膝関節、股関節での適切なしゃがみ込みで体幹の後方への反り返りを無くし、前肢はフォースプレート上からあまり上がらず、前方移動が起こる。これらの動作の違いが突き動作終了まで要する時間差に関係するのではないかと考えられる。M群では必要以上の大きな突き動作であるのに対し、U群では無駄な動きをできるだけ少なく行っていることが映像からも確認できる。

特にstart時では姿勢維持のための前肢で股関節屈筋群、膝関節屈筋群が優位に働き、後肢では股関節伸筋群、膝関節伸筋群が優位に働く。その後peak値には多くの体重は後肢に、移動し、下腿三頭筋が優位に活動してpeak値の後方体重を支えている。一方、前肢には体重はかかっておらず、前方移動のための準備状態と考えられる<sup>15)</sup>。

突き動作では股(大腰筋・腸腰筋)、膝(大腿四頭筋・大腿二頭筋・半腱様筋・半膜様筋)および足関節(腓腹筋・ヒラメ筋・前脛骨筋・足底筋及び腱)の適度な角度や使い方が前方移動に重要であり、強大な下腿屈筋群によりつま先立ちが可能であり<sup>10) 15)</sup>、前方推進力の力源ともいえ、これらを改善するトレーニングが有効ではないかと推察される<sup>16) 17) 18)</sup>。なぜならば空手道の組手選手は後肢のつま先で床を蹴り<sup>3)</sup>、相手に技をかけるからである。

U群での中段逆突きにおける前・後肢床反力と到達

時間では、後肢の踏切開始時間までMv、Mh、Kv、Khのいずれの方向にも動きが見られず、ほぼ静止状態の波形が見られる。この静止状態の維持には大腿伸筋群及び屈筋群が大きく関与しているが、大腿の内転筋群は大腿を内側に引き、直立の維持に寄与しており<sup>10) 15)</sup>、構えの静止状態にも関与していると考えられる。

前肢のMvが上昇を示した瞬間に後肢のKv、Khの大きな活動とともに、PKh、PKv方向の波形が動く。これは空手道選手の特徴的な下肢活動動ではないかと推察する。静止状態で股関節、膝関節、足関節を固定させ、小さなしゃがみ込み抜重が起こり<sup>3)</sup>、次の瞬間に前肢Mv、Mhの活動がなくなる。U群は前方推進力を出すためにほぼ静止状態からしゃがみ込み抜重を使い、前肢を浮かせて、後肢の足先に体重をかけ、前方移動を完了している。この関節運動を可能にしているのが、前肢では股関節部の腸腰筋、股関節から膝関節では大腿四頭筋、下腿・足部では前脛骨筋、腓腹筋、ヒラメ筋、足底筋が重要な働きを担っている。後肢では大腿二頭筋、半腱様筋、半膜様筋の屈筋群と腓腹筋、ヒラメ筋、前脛骨筋、足底筋などである。特に大腿の伸筋と屈筋は股関節と膝関節の両方に作用しており<sup>10)</sup>、各筋の連携した強い力と柔軟な関節可動により前方推進力が発揮されていると考える<sup>14)</sup>。

一方、M群では大きなPKh、PKvの乱れや後肢は2回の蹴り出しによるPKh、PKvが見られる。U群では後肢踏切までは静止状態なのに対してM群では無駄な動きが波形から観察できる。

M群ではU群と比較して最大PKvから到達時間に大きな差を認めるのは、2回のPKvからの到達時間があるからである。これは蹴り出し時に無駄な動きがあるためである。この無駄な動きや2回蹴り出しを行う動作がM群の特徴である。M群とY群の前・後肢の大きな違いはM群では床反力での波形からKh、Kvに大きな乱れが生じているが、Y群ではほぼ静止状態から活動が起こっていることが分かる。M群での2回にわたる蹴り出しや大きな波形の乱れには下肢筋力の不足を補う活動の一つであると推測する<sup>11) 12) 13)</sup>。

下肢筋力の向上や下肢関節すべての関節柔軟性の確保、そして大きな力源を生み出すプライオメトリックトレーニング、コーディネーショントレーニングが必要であると考えられる。

## VI まとめ

1. 空手道組手選手の前・後肢踏み切り脚の特性を床反力、ビデオカメラから比較、検討した。
2. 突き動作開始前の構えの段階で前肢は主に姿勢保持に作用していた。
3. 前方移動が起こる直前に前肢から後肢へ体重移動が起こり、後肢での姿勢保持がピークに達する。
4. 床反力後肢ピーク時から突き動作終了までに要する時間は有段者群では平均0.16secであるのに対し、無段者群では0.37secであった。
5. 前方推進力増大には、股関節、膝関節、足関節の筋力及び関節可動性が関与している。

以上の結果から空手道選手では突き技で前方移動する際、後肢へのスムーズな体重移動と適切な下肢関節角度の使用によりトップスピードに早く到達でき、突き動作終了までの時間を短くできる。また左右片足での筋力強化が前方移動に重要であると思われる。

## 参考文献

- 1) Bobbert, M.F., Huijing, P.A., and van Ingen Schenau, G.J. A model of the human triceps surae muscle-tendon complex applied to jumping. *J.Biomechanics*, 19: 887-898 1986
- 2) 長谷川裕 プライオメトリクスに関係するストレッチショートニング・サイクルの神経生理学背景 コーチング・クリニック 第13巻6号6-9 1999
- 3) 飯出一秀 早田剛 古山善一 稲川史人 小出光秀 今邨裕行 空手道組手選手における機能解剖的後肢踏切脚特性について 環太平洋大学紀要第9号 283-289 2015
- 4) 伊藤章 斎藤昌久 金子公宥 跳躍運動における反動動作-下腿三頭筋の筋放電量と弾性エネルギーの利用- *J.J.Sports Sci.*, 6: 232-238 1987
- 5) 岩竹淳 中村夏実 永澤健 飯田晴子 伊澤秀紀 鈴木朋美 小田宏行 伸張-短縮サイクルからみた身体コンディショニングの評価 体力科学 Vol49 No6 DEC 1998
- 6) Komi, P.V and C. Bosco: Utilization of stored elastic energy leg extensor muscle by men and women. *Med.sci.Sports*, 10: 261-265 1978
- 7) 小島武次 琉子友男 近藤正勝 反動動作を伴った下肢屈伸運動における弾性エネルギーの役割 *J.J.Sports Sci.*, 2: 152-154 1983
- 8) 日本バレーボール協会科学研究委員会 I.ジャンプ力を決定する体力因子-ジャンプ力と下肢筋出力および筋放電パターンの関係について- 日本体育協会スポーツ・医科学研究報告 NOⅡ 競技種目別競技力向上に関する研究 No16 バレーボール 192-198 1991
- 9) 日本体育協会研究プロジェクトチーム=プライオメトリック・リアクティブ筋力トレーニングに関する研究班 プライオメトリック・リアクティブ筋力トレーニングに関する研究 昭和62年度 日本体育協会科学研究報告 NoⅦ 1-10 1987
- 10) 酒井健雄 宮本賢一 小西真人 工藤宏幸 カラー図鑑 人体の正常構造と機能 X 運動器 日本醫事新報社 62-70 2012
- 11) 高松薫 宮坂雅昭 岡子浩二 石島繁 各種台高からのデプスジャンプにおける跳躍高と踏切各局面の力学量 昭和62年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 NO.Ⅷ プライオメトリックアクティブ筋力トレーニングに関する研究-第一報- 56-62 1988
- 12) Thorstenson, A.: Muscle strength, fiber type and enzyme activities in man. *Acta Physiol. Scand.*, Suppl., 443, 1977
- 13) Thys, H., Cavagna, G.A., and Margarina, R The role played by laticity an exercise involving movement of small amplitude. *Pflugers Arch.* 354: 281-286 1975
- 14) 豊嶋建広 真野高一 多田幸信 飯出一秀 井出順子 西村誠司 藤田幸雄 No.18 近間における逆突きの動作分析 -逆突きの打突力と腰・肩の移動距離及び速度との関連- 平成6年度 日本体育協会スポーツ医科学研究報告 No.Ⅱ 競技種目別競技力向上に関する研究 221-231 1994
- 15) ロルフ・ビルヘード著 金子公宥 松本廸子訳 目で見る動きの解剖学 (株)大修館書店 70-85 1990
- 16) 尹聖鎮 岡田秀孝 藤井範久 高松薫 傾斜面での伸張-短縮サイクル運動における腓腹筋のstiffness特性-パワー系競技者と一般競技者の比較- 体力科学 Vol49 No5 Oct 703 2000
- 17) 尹聖鎮 大山圭吾 岡田秀孝 高松薫 傾斜面でのリバウンドジャンプにおける腓腹筋のstiffnessがアキレス腱張力に及ぼす影響 体育学研究 44: 510-521 1999
- 18) 米沢和洋 プライオメトリクス応用編 プライオ

メトリクス・エクササイズの実際② コーチン  
グ・クリニック 第13巻第7号8-12 1999