

大相撲（プロ）力士の立ち合い動作の映画分析

——土俵に手をついて立ち合う効果——

塔尾 武夫*・小川 光哉*・松本 茂*

天野 勝弘**・石井 喜八***

(昭和 60 年 12 月 2 日付受)

Cinematographical Analysis of the “Tachiai”-Motion of Professional Sumo Wrestlers

——The effects of hands contacting to the “Dohyoh” ground——

Takeo TOHNO, Mitsuya OGAWA, Shigeo MATSUMOTO,

Katsuhiko AMANO, and Kihachi ISHII

In this study, at first, professional sumo wrestlers and amateurs simulated a “Tachiai”. Secondly, the professional sumo wrestlers practiced a “Tachiai” like it is performed in a match. The “Tachiai”-Motions of professional sumo wrestlers and amateurs as well as the start action with touching hands and without touching hands on the ground were compared in both experimental conditions. The sumo wrestlers were examined by the viewpoint of the height and velocity of their center of gravity by using a 16 mm high speed camera. The results were as follows:

1. The average height of the C.G. of professional sumo wrestlers when colliding against their opponents in the second experimental condition was 63.0 cm with touching hands and 71.4 cm without touching hands. The average height of the C.G. of amateurs in the first experimental condition was 62.1 cm with touching hands and 68.2 cm without touching hands. The average height of the C.G. of the professionals in the second condition was not so different from that of the amateurs in the first condition. Referring to the motions with touching hands and without touching hands, both professionals and amateurs could collide against their opponents keeping their lower position in the case of the “Tachiai” with touching hands.

2. The horizontal velocity of the C.G. of professionals was about 2.5 m/sec either with touching hands or without touching hands and that of amateurs was about 2.0 m/sec. Professionals in the second condition showed about 1.5 m/sec which was the lowest velocity. The reappearance of this velocity was high.

3. The impact of amateurs during colliding was 290-699 kgm/sec. Professionals in the second condition marked impacts of 734-1222 kgm/sec, two times as high as that of amateurs.

はじめに

日本の国技である相撲競技は、仕切りという構えの姿勢から、立ち合い動作をおこすことによって開始される。この立ち合いという動作は、相撲競技の重要な部分を占めると、経験的にいわれてきた。近年、大相撲（プロ）の世界では、技の発揮のスピード化がなされ、立ち

合いもスピード化されるに至った。その結果、ルールに明記されている「両手を土俵について立ち合う」場合が無視されるようになった。構えの姿勢とは、形を整えて競技の機能を持たせるものである。この形を整えるという“静中に動を求める”感覚は、相撲美ともいわれてきた。

* 武道研究室, ** 大学院体力学研究室, *** 体育研究所

本研究は、ルール上制約されている土俵に手をつく立ち合い (with touch: 以下 WT と略す) と、経験的にスピード化への一環としての手をつかない立ち合い (without touch: 以下 WOT と略す) の動作を運動学および運動力学的に分析してみた。その結果、ルールどおり土俵に両手をつく立ち合いが、手をつかない立ち合いよりも「重心の低さ」と「力の作用方向が押し上げることにある」という点で優れていることがわかったので報告する。

今回の実験では、幸いプロの力士を被検者とする機会が与えられた。しかも、彼らは大相撲でも幕内上位にあるプロ力士2名 (ともに三役経験者) であった。本研究は、少例 (2名) 報告であるが、プロの幕内力士についての、この種の研究はまったく見あたらず、彼らのデータを提供することは大相撲界はもとより、Sports Biomechanics の立場からも興味深いところである。

また、プロ力士の立ち合いを特徴づけるために、アマ選手 (大学相撲) の資料を求め、プロ力士のそれと比較した。

方 法

立ち合い動作は、土俵上に両手をついた姿勢から立ち合うもの (WT) と、両手ともつかずに立ち合うもの (WOT) の2種類の動作を行わせた。Fig. 1 には、プロ力士が行った2種類の立ち合い動作のトレース図が示されている。

立ち合い動作は、まず、仕切り後、一方の被検者 (能動者) が他方の被検者 (受動者) に対し、最大努力で打

ちあたり、押しこみ、受動者はこれを右脚を一步ふみ出して胸で彼のあたりを受け止めるというものであった。これは、通常稽古場でみられる「ぶつかり稽古」の時の立ち合いである。また、プロ力士には実戦に近い立ち合いも行ってもらった。すなわち、一方は WT で、もう一方は WOT で立ち合い、ぶつかる (衝突する) ものである (以下 both propel と呼ぶ)。

1. 実験手順

被検者の矢状面 (前後面) に直角に、2台の16mm 高速度カメラ (Photo-sonics 1PL) を、互いにレンズ視角が相対するよう (180度) に、被検者からそれぞれ20m 離して設置し、立ち合い動作を撮影した。地面からレンズまでの高さは0.7m、フィルムコマ送り速度は100コマ/秒であった。

被検者は、3種類の立ち合いをそれぞれ3ないし4回実施した。被検者の身体皮膚上には、分析時の手掛りとなる20カ所の解剖学にもとづく基準点にマーク (直径1cm) を貼付した。

記録されたフィルムは、Motion Analyzer (Nac社製: SPORTIAS GP-2000) により座標が決定され、能動者の身体重心の位置、速度が算出された。

一方、力士の体型は一般人と異なるため、松井¹⁾の身体部分質量比および部分重心位置をそのまま適応することには問題があると考えたので、正面および側面より35mm photoカメラを用いて、体型撮影を行った。2方向より記録されたフィルムは、各々印画紙に引伸され、3次元座標系が形成され、各身体部位の体積、重心位置、質量 (体積 * 密度²⁾) を算出した。これは、身体

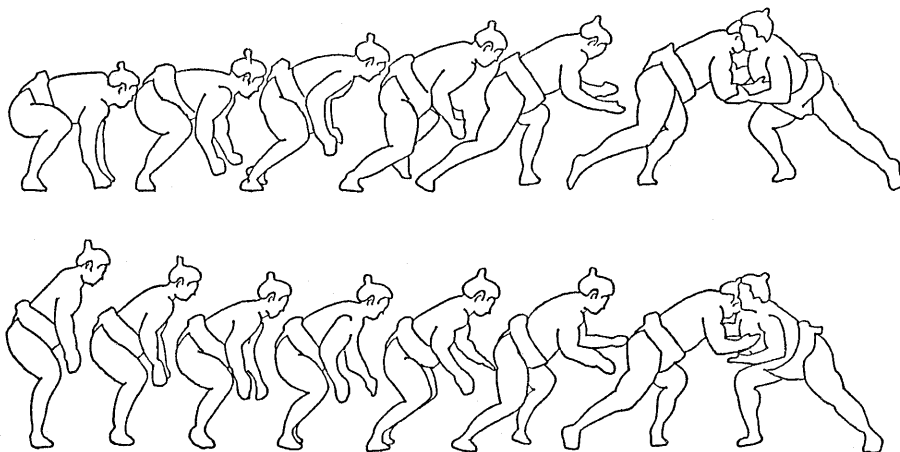


Fig. 1. Upper figures shows TACHIAI (start action in sumo wrestling) starting with touch hands on the ground. Lower figures shows TACHIAI starting without touching hands.

Table 1. Body weight of subjects (kg).

	Active P.*	Receiver
Professional	125	135
Amature	100	120

* P.: Player

部位を細分割し、2 cm 幅の楕円柱の集合体と仮定する Jensen⁹⁾ の方法によっている。

分析の対象となった試行は、行われた3種類の立ち合い動作のうち、それぞれの種類の立ち合いの3~4試行の中で、プロジェクターに投射して見て、視覚的に同一とみられる試行2つを選択した。すなわち、プロ力士では WT, WOT, both propel とも2試行、アマ選手では WT, WOT それぞれ2試行の、合計10試行になる。プロ力士の both propel については、両者を分析した。

2. 被検者

被検者はプロ力士、アマ選手ともに能動者 (active player: 以下、あたり手という) 1名、受動者 (receiver: 以下、受け手という) 1名の2名ずつ、合計4名であった。彼らの体重は Table 1 の通りである。

プロ力士は、2名とも幕内上位の力士で、角界でもトップレベル (三役経験者) の競技者であった。アマ選手については、能動者は、本学の相撲部を卒業して1年目の指導者であり、受動者は本学相撲部員 (ともにインカレ出場経験者) であった。

結果

1. 立ち合い中の地表から身体重心までの高さ (Vertical Displacement: D_v) の変化

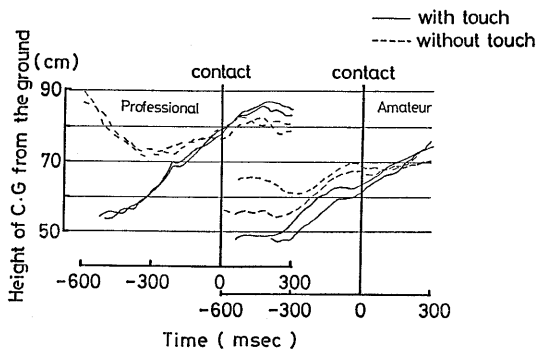


Fig. 2. Displacement curve (height of C.G. from the ground). The solid lines "with touch", the wave line is "without touch" TACHIAI practices. Left figure is professional and right is amateur sumo wrestlers.

Table 2. Height of C.G. from the ground (vertical displacement) during TACHIAI with touching hands on the ground (WT) and without touching (WOT). (cm).

	Professional		Amature	
	WT	WOT	WT	WOT
1st	78.7	78.1	64.3	69.4
2nd	77.7	76.1	59.9	66.9
Average	78.2	77.1	62.1	68.2
Diff.	1.1		6.1	

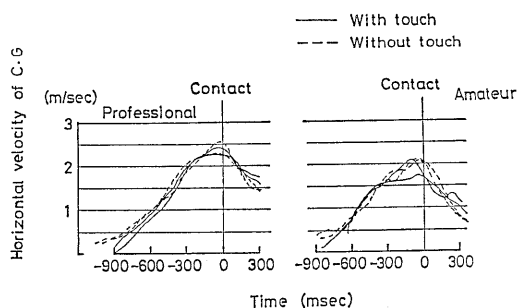


Fig. 3. Horizontal velocity of C.G. The explanation of figure is the same of Fig. 2.

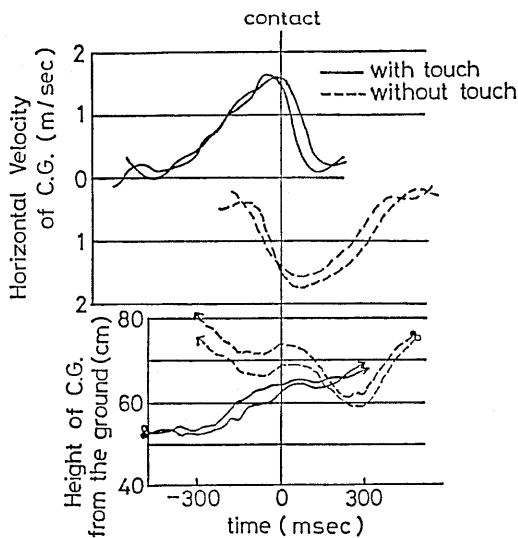


Fig. 4. Simulated practical TACHIAI in professional sumo wrestler. Upper figure is horizontal velocity. Lower is vertical displacement. Explanation of figure is the same of Fig. 2.

Table 3. Vertical displacement and horizontal velocity of C. G. in professional sumo wrestler at the contact. Negative values mean opposite direction to the positive values.

	WT			WOT		
	1st	2nd	Ave.	1st	2nd	Ave.
Displacement (cm)	64.5	59.2	61.9	72.7	62.3	67.5
Velocity (m/sec)	1.32	1.45	1.39	-1.25	-1.11	-1.18

Table 4. Mean Forces at the impact calculated from velocity and body weight (kg·m/sec).

		WT	WOT	Both propel	
				WT	WOT
Professional	1st	321	452	889	734
	2nd	620	460	1222	1131
	Ave.	471	456	1056	933
Amature	1st	290	699		
	2nd	313	559		
	Ave.	302	629		

Fig. 2 は、プロ力士 (図左) とアマ選手 (図右) の WT および WOT の D_V を経時的に示したものである。時間表示は、身体接触時をゼロとしてある。Table 2 は、衝突時における D_V を示している。

2. 身体重心の水平方向の速度 (Horizontal Velocity: V_H)

Fig. 3 は、 V_H を時間経過にしたがってプロットしたものである。この図もまた、身体接触時を基準点としている。 V_H の最大値は、身体接触時の 60~90 msec 前にみられた。

3. プロ力士による実戦に近い立ち合い (both propel)

Fig. 4 は、プロ力士による both propel のときの D_V (図下) と V_H (図上) が時間経過でプロットされたものである。それぞれ、2 試行の結果を重ね図示してあるが、曲線の始めにつけられた印の同じものが、同じ試行の WT (実線) と WOT (破線) のものである。

衝突時の $D_V \cdot V_H$ の値は Table 3 に示されている。

4. 衝突時に発揮された力

Table 4 は、衝突時に発揮された衝撃力をあらわしているが、この力は身体重心の衝突前後の運動量 (=速度×体重) の変化分を、そのときの所要時間をもって除することによって算出されている。この場合、完全な剛体どうしの衝突でないこと、および衝突の仕方が一様でない

などの理由から、直接的に力 (force) を求めたとはいえないが、一応の目安となると考えられるので、ここに示した。

論 議

1. WT と WOT の比較

1) プロ力士の成果について

D_V をみると (Fig. 2 左), WT は衝突まで下から上へ軌跡が描かれているが, WOT は上から一度下り, その後, 再び上昇したところで衝突を迎えている。しかし, 両立ち合いにおける D_V の差は 1.1 cm である。この 1.1 cm の差は小さいように見えるが, 重心の差を動作におきかえてみると大きな差となってあらわれる。例えば, 水中で身体を水平に浮かせる場合, 重心と浮心点が垂直に釣合えば姿勢は変化しないが, 浮心と重心が 1 cm 長軸上を離れただけで下肢は有意に水中に沈下してしまう。

衝突後, 押し込み動作の中で WT が WOT より D_V が上昇しているが, これは相手を押し上げていることが考えられる。問題は, この現象によって前進しているかどうかは不明である。

V_H (Fig. 3 左) をみると, WT と WOT でほとんど差がないようである。 V_H の最大値にも, それが現われる時間にも差がない。また, 両者とも D_V 同様, 再現性が高いといえる。

Fig. 2, 3 にみられる立ち合いは, いわゆる「ぶつかり稽古」であり, WT と WOT には最初の構えの姿勢に差があるだけで, 衝突直前から後には差が少ないといえそうである。そこで, both propel をみてみよう。

Table 3 の both propel における衝突時の D_V では, WT の 2 試行の差が 5.3 cm であり, WOT では 10.4 cm と, ともに再現性は低かった。both propel は, 定型的に動作が行えないといえよう。相手の動作が対応し, 心理的側面も無視できないと思われる。しかも, その傾向は WOT で大きい。

D_V (Fig. 4) をみると, 両立ち合いに対応がみられ

る。すなわち、WT が高い重心の推移を示す試行では、WOT でも D_V は高い位置で衝突している。しかし、どちらの試行も WT が WOT より低く衝突を迎えることができた（平均で 5.6 cm の差）。また、衝突後 300 msec までの押し込み動作における D_V をみても、WT が WOT より低い。「ぶつかり稽古」とくらべ、10 cm 程低く衝突していた。これは、相手も前に出て来ることから、構えてから衝突するまでの距離が短かったことによるといえる（2試行の平均で 6.1 cm の差）。また、プロ力士と比較して、どちらの立ち合いとも再現性は低い (Fig. 2 右)。アマ選手にとって、WOT は経験がほとんどなく動作もまちまちであり、重心が安定しなかったことが充分考えられる。 V_H からみると、WOT は 2 試行ではほぼ同一といってよいであろう。WT については、 D_V と同様、再現性が低かったが、その原因は経験の少ない動作というしかなかる。

アマ選手では、衝突時の速度は差がないが重心高に WT と WOT の差がみられた。

2. プロ力士とアマ選手の比較

1) D_V について

プロ力士とアマ選手の違いは、衝突時の重心高にある (Fig 2)。プロ力士は、両立ち合いで 77.1 cm~78.2 cm の範囲にあるのに対し、アマ選手は 62.1 cm~68.2 cm と 10~15 cm プロ力士が高い。この差は、身長差にあると考えられる。プロ力士はアマ選手より約 10 cm 身長が高い。他の理由は、アマ選手が衝突まで距離も時間も短いためと考えられる。

V_H (Fig. 4 上) をみると、 D_V の変化に比べて 2 試行の差がない。動きの形よりも機能に常同型が認められるといえよう。また、WT と WOT の差も小さい（平均で 0.21 m/sec WT が大）。立ち合いで出せる V_H は、プロ力士について明らかになったが、さらにパワーの向上を図ることにより、この速度の向上が認められるかどうかは興味あるところである。

以上の結果からみれば、WT と WOT の差は衝突時の重心高にある、とまとめることができる。Hay⁴⁾ によれば、アメリカン・フットボールでは、片手をついて前へ体重をかけた姿勢 (three-point stance) からのスタートが、最も速いとしている。相手に対応したスタートは、WT がよいことを示唆している。

2) アマ選手の成果について

アマ選手はプロ力士と異なり、WT はルール通り試合でも、稽古でも実践されている。結果からいうと、 D_V は WT が WOT より低くプロ力士の WT, WOT に

くらべ実戦に近い形で立ち合ったと思われる点にある。というのも、プロ力士の both propel での衝突時の D_V は、WT で 63 cm, WOT で 71.4 cm とアマ選手が示した D_V と、それほど差がみられない。芝山⁹⁾ によれば、相撲の基本動作の 1 つである「運び足」をプロ力士 (幕下) と、アマ選手に行わせた結果、重心の軌跡はプロ力士が低かったという。以上からも、プロ力士がアマ選手より D_V が高いとは言い切れないだろう。

再現性からいうと、プロ力士が高く、プロ力士はこの実験当時不得手であった WT と、WOT とともに常同型がみられたといえる。アマ選手は、前述のごとく WOT に不慣れだったからと推察される。

3) V_H について

V_H (Fig. 3) におけるプロ力士とアマ選手の違いを比較すると、プロ力士はピーク値で 2.3~2.6 m/sec であり、アマ選手は 2 m/sec 前後である。ところが、both propel では WT, WOT とともに 1.7 m/sec 以下である。both propel でのこの速度の低さは、衝突までの時間が短いため、速度が上昇しないためと思われる。プロ力士とアマ選手に速度が上昇し始めてから、衝突まで 900 msec 以上 (図には最初のプロットはないが) かかっているが、both propel では約 700 msec であった。しかし、both propel で速度が低いといっても、衝突時には両者の和となってあらわれるので、WT や WOT 以上の破壊力があらわれると思われる。

以上の結果、本実験では衝突時のそれらおよび再現性の点で、 V_H はプロ力士がアマ選手を上回った (Fig. 3)。これらの原因については、体格、トレーニング効果など

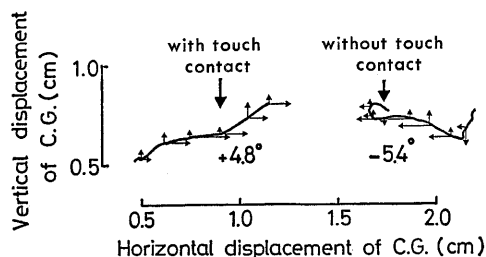


Fig. 5. Simulated practical TACHIAI in professional sumo wrestler. Vertical axis shows the vertical displacement of C.G. and horizontal one is the horizontal displacement. The vectors in this figure show velocity vectors of two direction. Left curve is the "with touch" and right curve is the "without touch".

の差があらわれたらといってよいだろう。

3. 速度ベクトルからみたプロ力士の WT と WOT の立ち合い動作の特徴

プロ力士について、 V_H は WT WOT との間に差がないと述べたが、速度の差をみるだけでは、運動成績に影響を与えとはいきれない。そこで、速度の作用方向をみることにする。いわゆる、ベクトル分析である (Fig. 5)。

衝突時は WT, WOT とともに水平速度が垂直速度より大きい。これは、相手を押し込むという動作に続けるには、意味のあることである。ところが、WT は約 5 度上向きの速度を示し、WOT は約 5 度下向きの速度を示している。これは、WT が下から突き上げる方向となり、相手を押し込む前に、浮き上がらせるのに有効であると考えられる。WOT は、水平方向へ進むベクトルを示し、浮き上がらせるという効果を加えていないといえよう。

4. 衝突時の衝突力算出の試み

Table 4 に示したように、プロ力士にとって WT は、この当時不慣れた動作であったといえるが、2 試行で約 2 倍の差が衝撃力には生じた。一方、プロ力士の WOT およびアマ選手の WT と WOT では、ほぼ同様の値を示した。2 試行の平均値でみると、プロ力士には WT と WOT で差はみられないが、アマ選手の場合は WT は WOT の約 2 倍であった。特に、プロ力士の both propel では、両者とも衝撃力は約 $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{sec}^2$ という高い数値を記録した。Owens⁹⁾ は、アメリカン・フットボールにおいては、構え (スタンス) と衝撃力には有意な関係がないと述べた。本実験でも、プロ力士では WT と WOT とに衝撃力は差がなく、Owens の結果と一致した。

要 約

大相撲 (プロ) 力士の立ち合い動作を、アマ選手 (大学) と比較するとともに、土俵に両手をつけてからの立ち合い (WT) と、両手ともつかずに立ち合う (WOT)

動作も比較した。プロ力士には、実戦に近い立ち合い (both propel) も行わせた。

16 mm シネカメラによる映画分析法を用いて、力士の重心高 (D_V) および速度 (V_H) から検討を加えた。

その結果、次のようなことがわかった。

1. 衝突時の D_V は both propel で平均 63.0 cm (WT), 71.4 cm (WOT) であり、アマ選手 (WT: 62.1 cm, WOT: 68.2 cm) と差がなかった。また、WT と WOT では、プロ力士もアマ選手も WT の方が低く衝突できるといった。

2. V_H は、プロ力士が WT と WOT とともに約 2.5 m/sec であり、アマ選手は約 2.0 m/sec であった。再現性は、 V_H では高かった。

3. 衝突時の衝撃力は、アマ選手で $290 \sim 699 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{sec}^2$ であった。プロ力士は both propel の条件で $734 \sim 1222 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{sec}^2$ と、アマ選手の約 2 倍を記録した。

稿を終るにあたり、分析の手助けをしてくれた大学院生の熊本和正君に感謝する。

なお、本研究は日本相撲協会との協力で行われたことを付記する。

引用文献

- 1) 松井秀治: 運動と身体の重心—各種姿勢の重心位置に関する研究—体育の科学社, 東京, (1985);
- 2) Dempster, W. T.: Space requirements of theseated operator WADC Technical Report 55-159. Wright Patterson Air Force. Bace, Ohio, (1955).
- 3) Jensen, R. K.: Estimation of the biomechanical properties of three body types using a photogrammetric method. *J. Biomechanics*, **11**, 349-358 (1978).
- 4) Hay, James G.: The Biomechanics of Sports techniques (3rd Ed.) Chapter 10 Football, 239-264, Prentice-New Jersey (1985).
- 5) 芝山秀太郎, 江橋 博, 近藤正勝: 相撲基礎運動の動作分析. 武道学研究, **15** (2), 89-91 (1982).
- 6) Owens, J. A.: Effect of variation in hand foot spacing on movement time and on force charge. *Res. Quart.*, **31** (1). 66-76 (1960).