

平行棒の swing について

—スウィングの際のフォームとバーに加わる力について—

古谷嘉邦***

The Study of the Swing on the Parallel Bars

—The Relationship Between the Form and the Force Applied to the Bar when Swinging on the Parallel Bars—

by

YOSHIKUNI FURUYA

(Department of Physical Education, College of General Education, University of Tokyo)

This study was designed to investigate the relationship between the form and the force applied to the bar when swinging on the parallel bars. Results obtained were as follows:

1. In a forward swing.

- (1) So-called cocking motion of the hip in the portion of vertebral lumbar appeared in both first and second halves of the swing.
- (2) The so-called snapping motion of the legs which centered around the trochanter major appeared only in the last half of the swing.
- (3) Therefore, it increased more the effect of the whole swing and the force applied to the bar during the last half of the swing showed maximum values in three directions measured (downward, sideward, and forward).

The maximal values of the forces in three directions were about 3.30-3.86 times of the performer's body weight in downwards, 1.32-1.67 times in sideways, and 0.72-1.30 times in forwards. But the values were smaller for the Less-trained gymnasts than the trained.

- (4) Movements of the shoulder were observed in forward direction about 30 degrees and in backward about 18 degrees from the vertical line.

2. In a backward swing.

- (1) So-called cocking motion of the hip in the portion of the vertebral lumbar appeared in the same phasic patterns as in the forward swing.
- (2) So-called snapping motion of the legs centered around trochanter major appeared only in the first half of the swing. Therefore, the three maximal values of the divided forces given to the bar appeared a little earlier than in the case of forward swing. They were 2.76-3.39 times of the performer's body weight in downwards, 0.94-1.54 times in sideward, and 0.64-0.86 times in forwards. All of them were smaller than those in the forward swing.
- (3) A backward force was supposed to be applied to the bar in the second half of the backward swing. [Proceedings of Department of Physical Education, College of General Education, University Tokyo, No. 5, 13~23, 1970]

I. 目的

平行棒の運動には振動を中心とした技、両手を放して行なう技、力を示す技、静止技等がある。体操競技採点規則¹⁾によると、体操競技の運動内容として、「平行棒の演技の大部分は振動を中心と

した技と両手を放して行なう技でなければならない」とある。このように平行棒の運動では swing 系の種目とその基盤をなしており、その swing 系の種目は swing そのものがその種目の基礎となっていると云えよう。

本研究は swing 系の種目の指導法の確立を最終

*** (現) 東海大学体育学部

目的としているのであり、その手はじめとして、腕立て支持での swing をおこなわせ、フォームの経過およびバーに加わった力の推移について分析することによって、swing の動作及びその動作にもなって生ずる力が演技者にどの程度の負荷を与えているかを検討した。

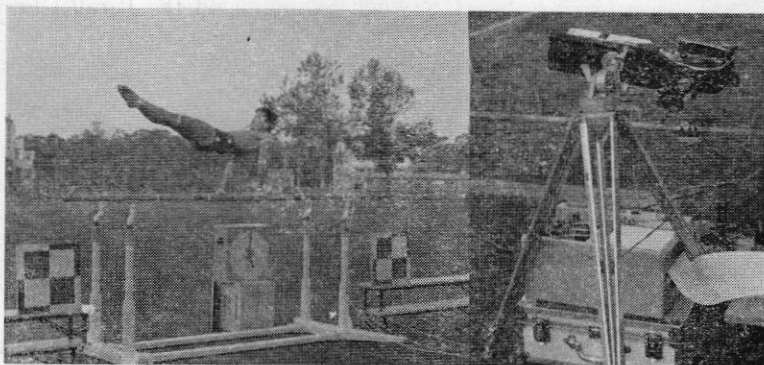
II. 方 法

第1図に示すように平行棒の一方のバーにストレイナゲージをとりつけ、その平行棒で swing を行なわせた。バーに加わった力は第2図に示すように三方向に取り付けたストレイナゲージによって垂直方向(下方)、左右方向(外方)及び前後方向(前方)に分けてとらえることができる。すなわち、a, a' の2ヶのストレイナゲージによって垂直方向の力をとらえ、b, b'; c, c' の各々2ヶずつのストレイナゲージによって、左右及び前後方向の力をとらえた。これを増幅器を通してペンオシログラフに記録した。そして 16mm 二現象同時記録装置によって、swing のフォームとオシログラムが同時に同一画面上に映るように撮影した。したがって第3図に示すように、フィルムにとらえられたオシログラムのペン先の位置を読むことによってその時のフォームに相当する力を見る事が出来た。

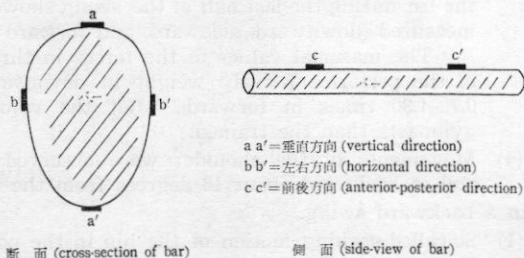
撮影は Borex 16mm カメラを使用し、毎秒 64 コマ、1 コマのシャッター速度は $\frac{1}{640}$ 秒とした。撮影後に同一カメラで stop-watch を 5 秒間撮影し検定した結果は、フィルムの速度は毎秒 60 コマであったので 1 コマを $\frac{1}{60}$ 秒として検討した。

撮影後はフィルムを分析台にかけ、拡大転記してフォームについて測定した。

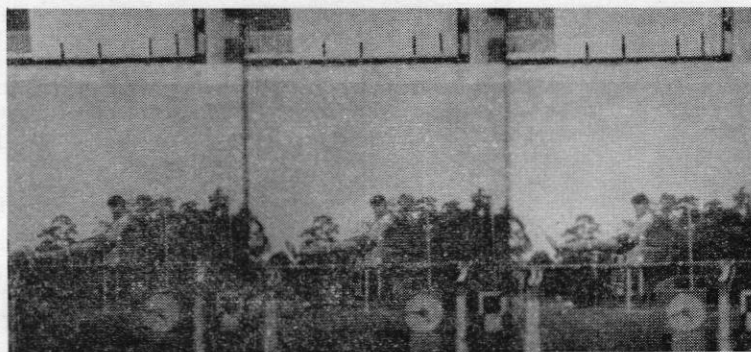
本研究に使用した分析台は筆者が Ruth B, Glassow と Marion R. Broer²⁾ の考案した分析台を参考にして新しく作製したものである³⁾。第4図に示すように映写機から映写された画像は鏡で反射され、トレース面に映る。すなわち第5図における $\angle m = \angle \frac{1}{2}g$ とすることによって常に $\angle P$ を直角にすることが出来る。トレース面は透明なガ



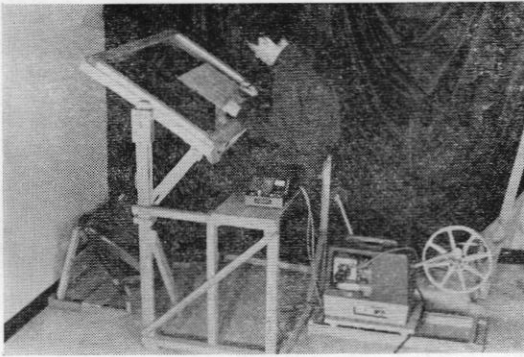
第1図 実験装置
Fig. 1. Experimental apparatus



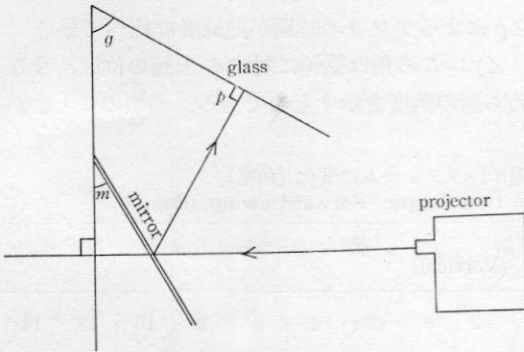
第2図 ストレインゲージの取り付け位置
Fig. 2. Attachment of Strain gauge on bar



第3図 二現象同時撮影装置によって撮影したフィルム
Fig. 3. Pictures taken by a synchronized photo-taking device



第4図 本研究に使用してフィルム分析台
Fig. 4. A desk specially devised for film analysis

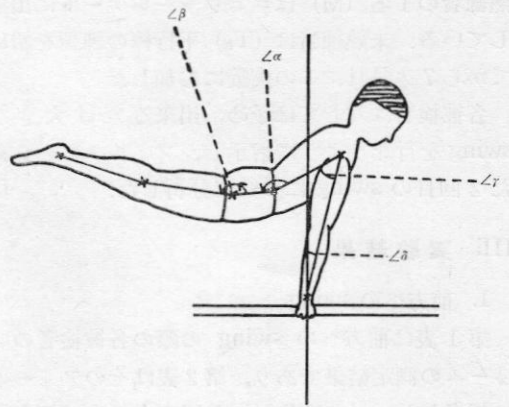


第5図 分析台の原理
Fig. 5. Diagram of the optical principle of a desk for film analysis

ラスを用いてあるので、そのままでは面像を見ることは出来ないが、トレーシングペーパーを置くことによって画像をはっきりとうつし出すことが出来る。

トレースを必要としない場合や画像の大きさを決定する時には、このトレース面のガラスを不透明なガラス（すりガラス）と取り換えることが出来る。分析台は第4図のように腰掛けてトレースする。腰掛の上には映写機を操作するリモートコントロールボックスが置いてあるので1人で、しかも台から離れることなくトレースすることが可能である。

この分析台で特に問題とされる点は鏡とトレース面のガラスの凹凸による画像の歪みである。ここで使用した鏡は特に吟味して凹凸のほとんどない最上品を使用したので画像の歪みは無視してよ



第6図 フォームの測定部位
Fig. 6. Angles measured

い。

以上のような分析台を用いて、フォームについては第6図に示すような角度について計測した。すなわち肩峰 (Acromion), 腸骨稜点 (Crista ilaica), 大転子 (Trochanter major), 外側顆 (Condylus lateralis), 外果 (Malleolus lateralis) 及び橈骨手根関節 (Articulation radiocarpea) の中央にそれぞれ白色テープをつけ、肩峰と腸骨稜点をむすぶ線が、腸骨稜点と大転子とをむすぶ線となす角を $\angle\alpha$, 腸骨稜点と大転子とをむすぶ線が大転子と外側顆とをむすぶ線となす角を $\angle\beta$, 肩峰と橈骨手根関節 (手首の中央) をむすぶ線が、肩峰と腸骨稜点とをむすぶ線となす角を $\angle\gamma$, グリップにおける垂直線と、肩峰と橈骨手根関節とをむすぶ線となす角を $\angle\delta$ とした。 $\angle\alpha$, $\angle\beta$ については第6図のように被検者の背面に出来た角度について測定した。

$\angle\gamma$ は伏臥姿勢の時 (上腕軸に対して後方の角度) を (+), 仰臥姿勢の時 (上腕軸に対して前方の角度) を (-) として表わした。

$\angle\delta$ はグリップにおける垂直線を0度とし、肩峰が前方に移動した時を (+), 後方に移動した時を (-) とした。

平行棒にかかる力については同一画面上のオンログラフのペン先の位置をフィルムモーションアナライザーによって読みとり、三方向の力について測定した。

被検者は東京教育大学体操部3名卒業生2名計5名で、うち熟練者4名、未熟練者1名である。

熟練者の1名(M)はユニヴァーシアードに出場している。未熟練者は(T_E)平行棒の練習を始めてから7ヶ月目にこの実験に参加した。

各被検者に対しては予め、出来るだけ大きな swing を行なうように指示し、フィルムにとらえた2回目の swing について分析した。

III. 実験結果

1. 前方への swing

第1表は前方への swing の際の各被検者のフォームの測定結果であり、第2表はそのフォームに相当した、バーに加わった三方向の力の測定値である。

被検者 M, T_A, U, Y は熟練者であり、被検者 T_E は未熟練者である。

これらの被検者について時間経過に伴うフォームの変化を図示すると第7図~第11図の通りで

ある。

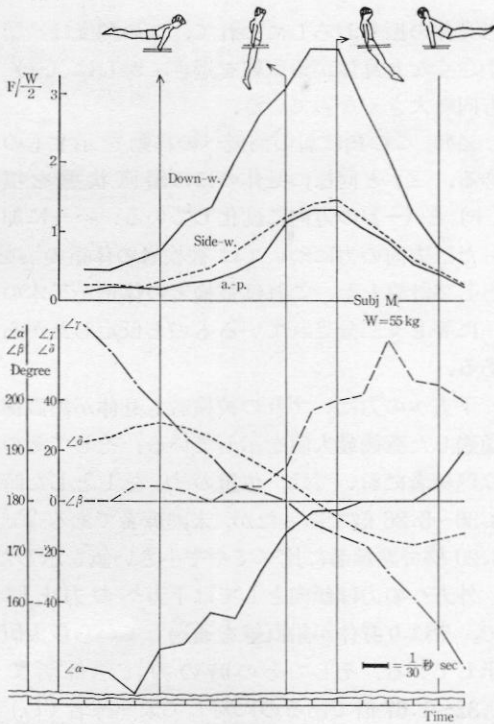
$\angle\alpha$: この角は腰椎部の角度を示し、この角度の変化を測定することによって腰椎部の角度変化による下半身のアフリを見ることが出来る。身体の振りおろしと共に次第に大きくなっているが身体が鉛直線を通る前後に角度の変化量を少なくし、それ以後再び急激に大きくなっている。

$\angle\beta$: この角は股関節の角度を示し、この角度の変化を測定することによって股関節の角度変化による大腿部のアフリを知ることが出来る。この角は身体がほぼ鉛直線に来るまではあまり変化が見られないが、それを過ぎるころから急激に大きくなっている。しかし未熟練者(T_E)だけはその時期が他の被検者に比べて早い。すなわち T_E は $\angle\beta$ によるアフリの時期が熟練者に比べて早い。

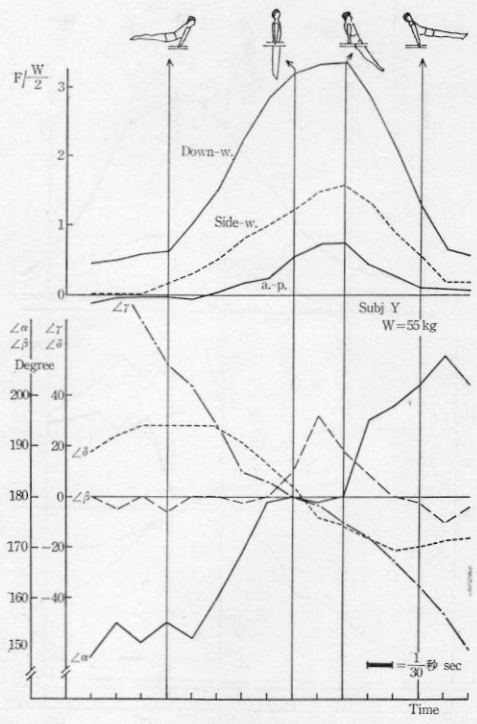
$\angle\gamma$: この角は躯幹に対する上腕の位置、すなわち肩の角度を示すものである。当然のことなが

第1表 前方への swing (1), 時間経過に伴うフォームの変化(角度)
Table 1. Changes of angles measured with the time lapse.-Forward swing. (Degree)

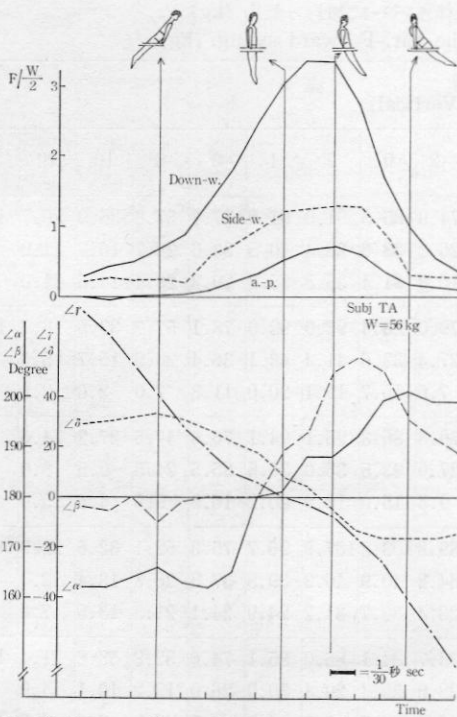
Time Lapse (Frame)	Angles	0 = 鉛 直 (Vertical)																
		-16	-14	-12	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10	12	14	
Subj.																		
	M	$\angle\alpha$	147	146	142	151	152	158	157	166	174	178	178	180	180	180	183	183
		$\angle\beta$	180	180	177	177	178	180	177	177	173	198	200	201	112	204	203	200
		$\angle\gamma$	70	60	47	37	26	18	7	4	0	-8	-13	-17	-28	-38	-49	-65
$\angle\delta$		23	25	29	31	29	25	20	14	8	1	-6	-12	-15	-17	-15	-12	
Y	$\angle\alpha$	149	155	151	155	152	160	169	179	180	179	180	195	198	202	208	202	
	$\angle\beta$	180	178	180	177	180	180	179	180	185	196	189	185	180	179	175	178	
	$\angle\gamma$	103	88	68	53	44	28	10	6	0	-3	-10	-16	25	35	46	60	
	$\angle\delta$	18	24	28	28	28	27	21	13	4	-8	-11	-16	-21	-20	-17	-16	
T _A	$\angle\alpha$	162	162	164	166	163	162	165	180	181	188	188	192	199	201	199	199	
	$\angle\beta$	178	177	180	175	179	180	180	180	189	193	205	208	200	196	192	189	
	$\angle\gamma$	74	65	53	40	28	19	10	6	0	-3	-7	-16	-25	-40	-53	-67	
	$\angle\delta$	29	30	32	33	31	27	22	18	8	4	-5	-13	-16	-16	-16	-14	
U	$\angle\alpha$	161	162	159	151	152	157	159	166	177	179	180	180	187	188	198	192	
	$\angle\beta$	196	196	195	204	201	198	199	200	201	210	224	240	229	228	219	210	
	$\angle\gamma$	65	55	47	36	27	19	12	10	7	3	0	-5	-15	-26	-37	-52	
	$\angle\delta$	29	29	30	30	28	25	20	12	5	-1	-6	-12	-18	-18	-17	-12	
T _E	$\angle\alpha$	151	152	154	158	162	163	172	176	181	182	183	198	195	199	198	197	
	$\angle\beta$	187	187	186	186	185	190	189	200	201	217	219	206	211	205	198	196	
	$\angle\gamma$	52	43	36	28	22	16	12	10	8	4	-4	9	19	28	33	38	
	$\angle\delta$	32	32	33	33	32	29	24	19	12	4	-2	-8	-12	-15	-15	-16	



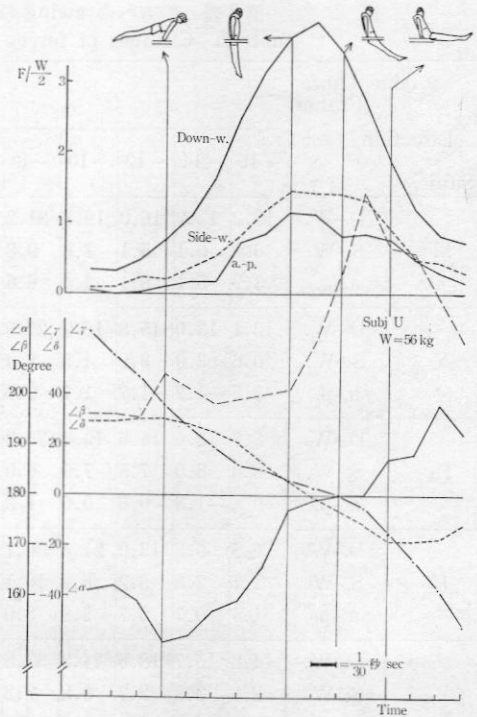
第7図 前方への swing の際のフォームと にかつた力
 Fig. 7. Transition of force and angles measured. -Forward swing



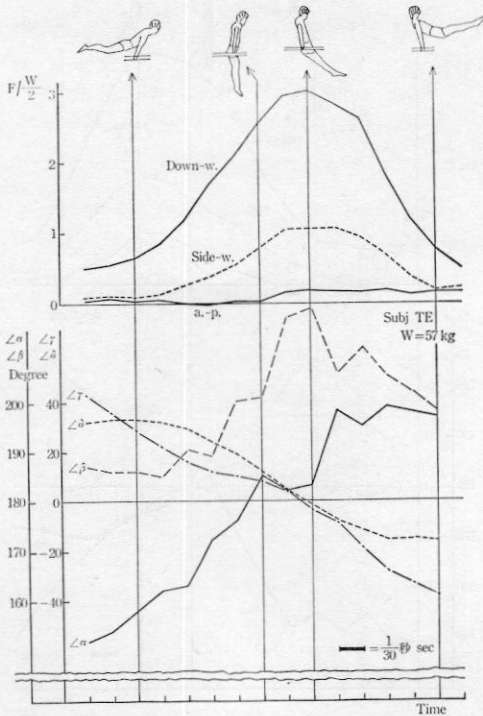
第8図 前方への swing の際のフォームとバーにかつた力
 Fig. 8. Transition of force and angles measured. -Forward swing



第9図 前方への swing の際のフォームとバーにかつた力
 Fig. 9. Transition of force and angles measured. -Forward swing



第10図 前方への swing の際のフォームとバーにかつた力
 Fig. 10. Transition of force and angles measured. -Forward swing



第11図 前方へのswingの際のフォームとバーに加った力
Fig. 11. Transition of force and angles measured. -Forward swing

ら身体の振りおろしにつれて、この角度は次第に小さくなり身体が鉛直線を過ぎてからは (-) の方向に大きくなっている。

$\angle\delta$: この角は肩の前後への移動を示すものである。 $\angle\gamma$ と同様に身体のはぼ鉛直状態を境に (+) と (-) の方向に変化している。バーに加わった三方向の力については被検者の体重の $\frac{1}{2}$ を1として計算した。これは被検者の体重が二本のバーに等しく二分されているものと仮定したからである。

下方への力はいずれの被検者も身体が鉛直線を通過した直後最大値を示している。そしてその力は熟練者においては、体重の $\frac{1}{2}$ を1とした時の3.30~3.86倍であったが、未熟練者である T_E は3.20倍で熟練者に比べてやや小さい値を示した。

外方への力は傾向としては下方への力と同様で、やはり身体が鉛直線を通過してから最大値を示している。そしてその時の力は熟練者では1.32~1.67倍であるのに対して未熟練者 (T_E) は1.06倍であった。

前方への力は被検者(U)をのぞいては、やはり

第2表 前方へのswing (2) 時間経過に伴うバーに加わった力 (kg)
Table 2. Changes of forces applied to the bar.-Forward swing. (kg)

Time Lapse (Frame)		0 = 鉛 (Vertical) 直															
		-16	-14	-12	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10	12	14
Direction	Subj.																
M	D.-W.	12.2	12.2	16.0	19.8	31.2	36.9	56.8	74.9	85.3	91.0	91.0	77.7	57.8	35.9	20.7	15.0
	S.-W.	6.1	6.1	5.1	7.6	9.8	13.5	19.8	26.2	33.6	38.4	40.5	33.6	25.7	16.7	11.9	6.6
	a.-p.	3.7	5.1	5.1	4.4	6.6	8.0	11.7	16.8	31.4	35.8	35.8	29.2	23.4	14.6	11.0	5.9
Y	D.-W.	12.1	13.0	15.8	16.7	27.9	41.9	63.2	79.0	88.4	92.0	92.0	78.1	57.7	33.5	16.7	14.9
	S.-W.	0.6	3.9	3.9	4.5	8.4	14.0	22.4	27.4	33.6	41.4	43.1	36.4	23.5	15.7	5.6	5.0
	a.-p.	-3.5	-1.7	-1.7	-1.7	-2.6	0.9	4.4	7.0	15.7	19.1	20.0	11.3	7.0	2.6	2.6	1.7
T_A	D.-W.	8.7	12.6	14.6	19.4	25.2	37.8	51.4	70.8	86.3	95.1	94.1	76.6	47.5	27.2	14.6	9.7
	S.-W.	6.0	8.0	7.5	7.5	6.0	16.5	27.0	27.0	33.5	35.0	36.5	35.5	24.5	9.5	8.0	8.0
	a.-p.	0	-1.3	0.6	0.6	1.3	2.6	6.5	9.8	15.0	18.9	20.2	16.9	9.8	4.6	3.9	2.6
U	D.-W.	9.3	9.3	13.0	21.4	30.7	46.5	70.7	89.3	103.2	107.9	96.7	75.3	52.1	32.6	22.3	19.5
	S.-W.	1.7	2.8	6.2	6.2	10.1	15.1	23.5	34.2	40.9	40.3	39.8	37.5	26.3	13.4	12.3	7.8
	a.-p.	1.4	0.7	0.7	2.8	5.0	4.3	20.6	23.4	32.7	31.2	24.9	24.1	21.3	13.5	7.8	4.3
T_E	D.-W.	14.8	15.7	18.6	24.3	33.8	48.0	59.4	73.7	84.1	86.0	85.1	74.6	52.8	33.8	21.4	13.8
	S.-W.	2.7	3.3	2.7	3.8	7.2	10.6	15.2	22.0	29.4	29.4	30.0	26.0	19.2	10.1	4.9	6.1
	a.-p.	0.9	2.0	0.9	1.4	0.3	-0.3	0.9	0.9	4.2	5.3	4.7	4.7	5.3	3.6	4.7	4.7

D.-W.=Downward S.-W.=Sideward a.-p.=anterior-posterior

第3表 後方への swing (1) 時間経過に伴うフォームの変化 (角度)
Table 4. Changes of angles measured with the time lapse.-Back ward swing. (Degree)

Time Lapse (Frame)	Angles	0 = 鉛 直 (Vertical)															
		-16	-14	-12	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10	12	14
Subj. M	$\angle\alpha$	197	197	195	191	183	185	181	180	180	176	162	158	150	147	146	145
	$\angle\beta$	203	200	203	206	213	209	203	195	180	172	180	180	185	182	187	192
	$\angle\gamma$	-57	-48	-38	-30	-22	-15	-10	-7	-3	0	6	9	15	26	38	50
	$\angle\delta$	-20	-21	-21	-21	-18	-13	-7	0	7	14	23	29	34	32	31	30
Y	$\angle\alpha$	205	205	196	198	191	190	192	178	177	173	170	161	154	153	154	154
	$\angle\beta$	175	172	180	180	184	180	180	181	176	172	174	175	177	180	180	180
	$\angle\gamma$	-60	-51	-43	-34	-27	-18	-11	-8	-6	-2	4	6	10	23	32	46
	$\angle\delta$	-21	-25	-26	-26	-25	-17	-11	-4	8	18	24	33	40	40	41	38
T _A	$\angle\alpha$	191	189	187	191	196	190	180	180	180	180	167	155	157	158	162	
	$\angle\beta$	193	194	194	189	186	189	194	193	180	172	180	182	184	188	183	
	$\angle\gamma$	-62	-52	-42	-32	-22	-14	-8	-5	0	4	7	12	22	34	48	
	$\angle\delta$	-25	-27	-29	-30	-25	-22	-15	-2	2	12	22	30	33	37	35	
U	$\angle\alpha$	201	193	193	192	185	184	188	180	184	175	160	157	150	155	158	160
	$\angle\beta$	210	210	213	210	216	211	201	200	180	187	197	197	195	195	198	199
	$\angle\gamma$	-69	-65	-49	-38	-30	-20	-11	-8	2	5	7	12	19	30	41	50
	$\angle\delta$	-10	-12	-16	-18	-17	-14	-9	-2	5	14	22	30	33	39	40	38
T _E	$\angle\alpha$	190	191	194	193	185	189	186	180	180	180	170	160	150	156	159	159
	$\angle\beta$	200	200	200	195	206	195	195	198	184	180	185	190	192	178	190	191
	$\angle\gamma$	-60	-45	-38	-29	-23	-17	-10	-5	-2	0	5	9	14	23	33	43
	$\angle\delta$	-19	-21	-20	-19	-18	-14	-9	-3	3	11	18	25	29	30	30	29

身体が鉛直線を過ぎてから最大となっている。その時の力は熟練者では 0.72~1.30 倍であったが未熟練者は 0.22 倍で熟練者に比べて非常に小さい値を示している。

2. 後方への swing

第3表は後方へ swing した際の各被検者のフォームの測定結果であり、第4表はそれらのフォームと同一時のバーに加わった三方向の力の測定値である。これらの被検者について時間経過に伴うフォームの変化を図示すると第12図~第16図の通りである。

$\angle\alpha$: すべての被検者が身体をのぼしながら振りおろし、身体がほぼ鉛直線に来た時、角度の変化量をやや少なくし、それ以後再び急激に変化している。

$\angle\beta$: 被検者 Y をのぞいては身体が鉛直線に来る少し前から、この角度を急激に小さくし、身体

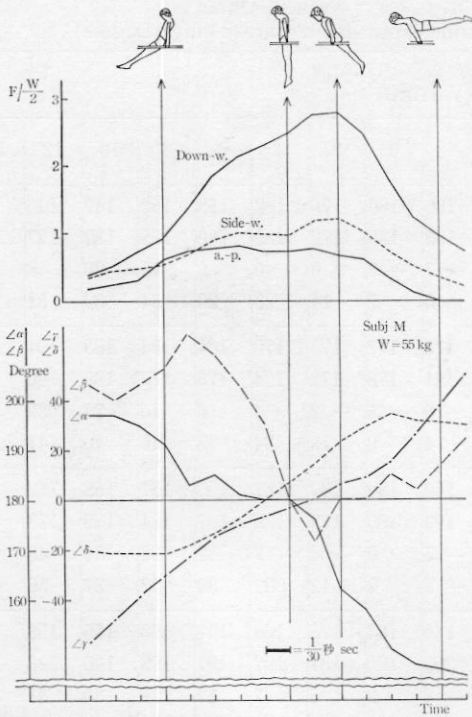
が鉛直線に来た時か、それをやや過ぎた時に最小となり、その後は再び大きくなっている。すなわち、swing の前半に大転子を中心とする角(股関節)を急激にのぼしていることがわかる。被検者 Y についてもその傾向は認められるが顕著ではない。

$\angle\gamma$: 身体が後方に振れるにつれて (-) から (+) の方向へ次第に大きくなっている。

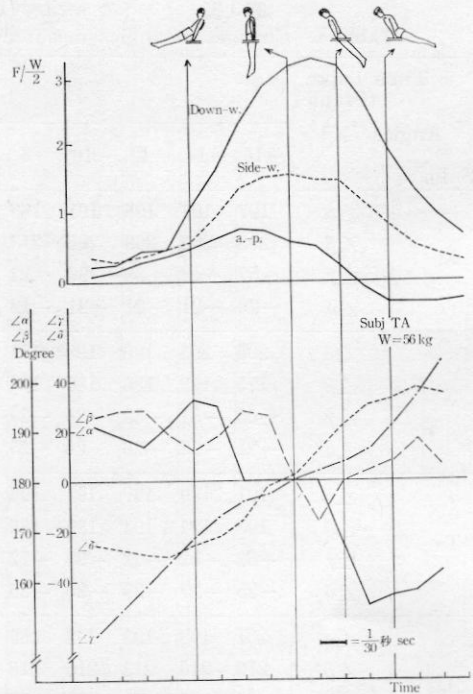
$\angle\delta$: 身体が後方に振れるにつれて (-) から (+) の方向へ変化し、身体が水平になる少し前から再び (-) の方向に変化している。

バーに加わった力についてみると、下方への力は身体が鉛直線を通過した直後に最大値を示している。そしてその値は熟練者で 2.76~3.39 倍、未熟練者は 2.84 倍であった。

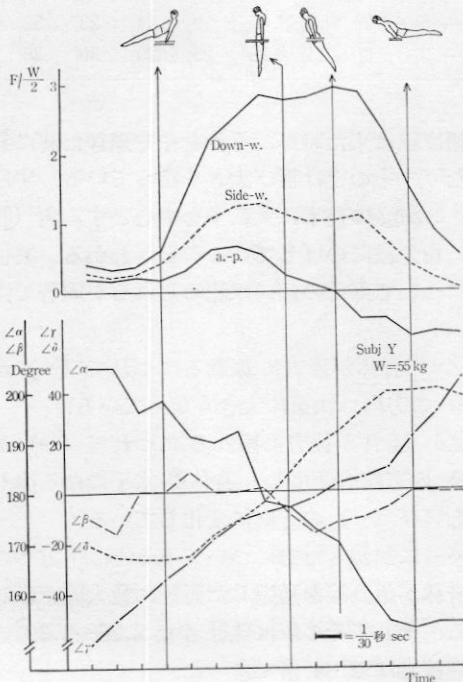
外方への力は前方への swing の時に比べて長時間にわたって大きな力が加わっている。そして



第12図 後方へのswingの際のフォームとバーに加った力
Fig. 12. Transition of force and angles measured. -Backward swing



第14図 後方へのswingの際のフォームとバーに加った力
Fig. 14. Transition of force and angles measured. -Backward swing



第13図 後方へのswingの際のフォームとバーに加った力
Fig. 13. Transition of force and angles measured. -Backward swing

未熟練者の一例をのぞいて二つの山が見られる。また被検者 Y と T_A は身体が鉛直線に来るまでにその最大値を示し、他は身体が鉛直線を通じた直後に最大値を示している。外方への力の最大値は熟練者で 1.24~1.54 倍未熟練者は 0.94 倍であった。

前方への力は身体が鉛直線に来た時か、あるいはそれ以前に最大値を示している。その値は熟練者では 0.64~0.86 倍であったが、未熟練者は 0.28 倍で熟練者に比べて小さい。身体が鉛直線を通じた後に (-) の値を示している。すなわち、後方への力があらわれる傾向があり、その値は 0~0.32 倍である。

IV. 考 察

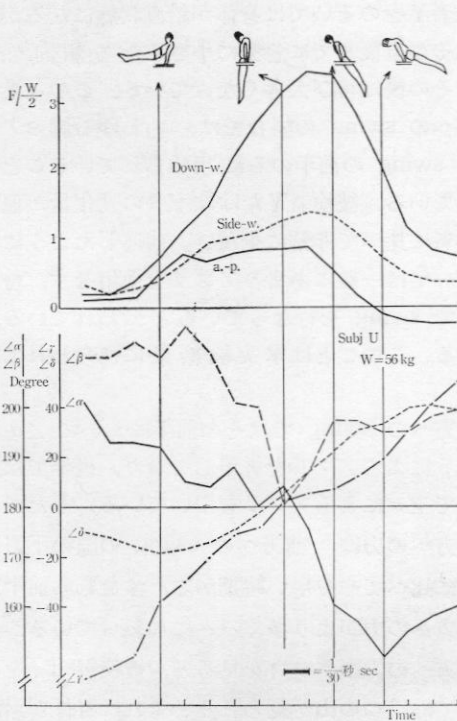
1. 前方への swing

$\angle\alpha$, すなわち腰椎部を中心とする角度の変化は身体が鉛直状態を中心として、その前後に見られる。すなわち、腰によるアフリは swing の前半にも後半にも用いられていることを示すものである。

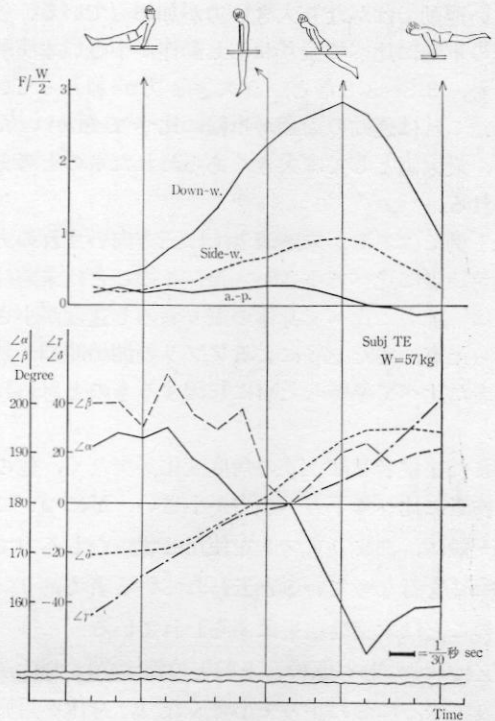
第4表 後方への swing (2) 時間経過に伴うバーに加わった力の変化 (kg)
Table 4. Changes of forces applied to the bar.-Forward Swing. (kg)

Time Lapse (Frame)		0 = 鉛直 (Vertical) 直															
		-16	-14	-12	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10	12	14
Direction																	
Subj.																	
M (55 kg)	D.-W.	10.5	14.3	20.0	24.7	37.1	51.0	58.0	62.7	67.5	75.1	76.0	67.5	48.5	33.3	25.7	20.0
	S.-W.	9.9	12.5	13.0	14.6	18.7	24.5	27.6	27.1	26.5	32.3	33.3	27.9	19.8	14.1	9.9	6.3
	a.-p.	5.3	6.6	8.6	16.5	19.8	21.1	21.8	19.8	19.8	21.2	17.8	17.2	9.2	4.6	0	0
Y (55 kg)	D.-W.	11.5	9.6	10.6	16.3	38.4	60.5	69.1	78.7	75.8	76.8	81.0	78.7	62.4	39.4	23.0	13.4
	S.-W.	7.6	5.4	6.5	10.8	18.4	28.6	33.5	34.0	30.2	27.5	28.6	29.7	20.5	10.3	4.9	1.1
	a.-p.	5.5	4.6	6.4	4.6	8.3	16.6	17.5	14.7	6.4	2.8	-0.9	-11.0	-11.0	-17.5	-16.6	-17.5
T _A (56 kg)	D.-W.	6.0	7.5	12.0	13.0	30.4	45.0	64.1	79.0	88.2	90.0	88.0	72.1	53.1	37.0	26.0	18.1
	S.-W.	10.1	8.0	10.6	13.3	17.0	26.5	38.2	42.4	42.9	41.3	40.8	31.3	23.3	14.3	10.6	8.0
	a.-p.	3.1	4.6	8.5	10.0	13.1	16.9	20.8	20.0	15.4	13.9	7.7	-2.3	-8.5	-9.2	-9.2	-7.7
U (56 kg)	D.-W.	5.7	5.7	10.6	20.2	31.7	41.2	59.5	74.9	86.4	95.1	93.1	76.8	56.6	31.7	22.1	20.2
	S.-W.	9.2	5.6	7.7	11.2	17.9	26.0	28.1	30.6	35.2	38.0	37.2	30.1	19.9	13.3	10.7	9.7
	a.-p.	3.3	4.2	4.2	14.1	21.6	18.3	22.4	23.2	23.2	24.0	14.9	4.2	-2.5	-5.8	-6.6	-6.6
T _E (57 kg)	D.-W.	11.7	11.7	14.5	22.1	28.8	39.2	54.4	63.9	72.5	77.2	81.0	75.3	62.0	43.0	25.9	19.3
	S.-W.	7.1	5.3	5.9	8.8	9.3	14.5	17.3	19.6	23.6	25.9	27.0	24.7	18.5	13.3	6.5	5.9
	a.-p.	5.3	6.9	5.3	6.4	5.3	6.4	6.9	8.0	8.0	6.4	3.1	0.3	-1.4	-3.6	-2.5	-0.8

D.-W.=Downward S.-W.=Sideward a.-p.=anterior-posterior



第15図 後方への swing の際のフォームとバーに加った力
Fig. 15. Transition of force and angles measured. -Backward swing



第16図 後方への swing の際のフォームとバーに加った力
Fig. 16. Transition of force and angles measured. -Backward swing

$\angle\beta$: すなわち股関節を中心とする角度の変化は身体が鉛直状態に来るころから変化し始めている。このことはいわゆる脚のアフリは swing の後半に行なっていることを示し、このアフリは $\angle\alpha$ における後半のアフリと相俟ってアフリ効果を一層大きくしているものと思われる。そして $\angle\beta$ によるアフリが加わっている時に三方向の力は、ほぼ平行して大きくなっている。その時の力の $\frac{1}{2}$ が一方のバーに加わっているとすれば、熟練者では $\frac{W}{2} \times (3.30 \sim 3.86)$ (W = 被検者の体重) が下方に、 $\frac{W}{2} \times (1.32 \sim 1.67)$ が外方に、 $\frac{W}{2} \times (0.72 \sim 1.30)$ が前方に加わっていることになる。例えば被検者Mについて述べると、体重 55 kg で一方のバーの下方への力の最大値は約 91 kg である。このように平行棒の運動の中でも最も簡単な腕立支持の swing の場合でも、一方のバーに 100 kg 前後の力が加わっていることがわかる。

福田等⁴⁾は鉄棒の車輪で体が鉄棒の直下を通るときには体重の5倍程度の力がかかると述べ、石田等⁵⁾は3.5倍~4.5倍の力が働いていると述べており、鉄棒の車輪のように振りおろし動作の大きい運動ではかなり大きい力が加わっている。鉄棒の車輪に比べて振りおろし動作が小さい本実験でも、3.3~3.8倍という大きな力が加わっていた。これは運動の周期が車輪に比べて短かいため、最大値としては大きくあらわれたものと考えられる。

1例ではあるが未熟練者では三方向いずれの力も熟練者に比べて小さかった。このことは未熟練者は熟練者に比べて身体の振りおろし速度が小さかった事、また $\angle\beta$ によるアフリを開始時期が熟練者に比べて早かった事に起因するものと思われる。

また被検者Yは $\angle\beta$ の角度変化が少なく、他の被検者に比べて下方への力が小さい。Yについては一般に、あまりアフリを使用せず、むしろ力で swing を行なっていると云われている者であり、このことは本実験結果にあらわれている。

$\angle\gamma$: すなわち躯幹と上腕とのなす角は身体がおりて来るにしたがって小さくなり、身体が鉛直線を過ぎると (-) の方向に変化している。これは運動の状態からみて当然のことであり、本研究

の被検者全員が同様の傾向を示している。

$\angle\delta$: すなわち、肩の前後移動は被検者全員が前方へ約 30° 、後方に約 18° の移動が認められ、前方への移動が後方への移動よりも大きい。肩の前後移動について、石田⁶⁾は「腕立 swing では肩の前後移動を出来るだけ少なくするように」とのべており、また浜田等⁷⁾は石田とは逆に「この肩の前後移動は swing にやくだっている」と述べ、その理由として肩の共振を上げている。本実験の結果でもかなり大きい前後移動が認められたが、その移動の大きさや時期が、swing にどのように影響しているかについては今後の問題としたい。

2. 後方への swing

$\angle\alpha$: すなわち腰椎部を中心とする角の変化は前方への swing の場合と同様に、身体が鉛直状態を中心として、その前後にこの角度の変化が見られる。このことはいわゆる腰のアフリは swing の前半と後半にわたって用いられていることを示すものである。

$\angle\beta$: すなわち股関節を中心とする角の変化は被検者Yをのぞいては身体が鉛直状態になるか、またその直後までに急激に小さくなる傾向を示し、その後は再び大きくなっている。このことは後方への swing の場合では、いわゆる脚のアフリは swing の前半のみに用いられていることを示している。被検者Yだけは $\angle\beta$ の変化量が他の被検者に比べて非常に少ない。前述したようにYについては一般にあまりアフリを使用せず、むしろ力で swing を行なっていると云われている者である。このことは本実験結果にあらわれている。

後方への swing ではその前半において $\angle\alpha$ 及び $\angle\beta$ によるアフリを併用しており、後半では主として $\angle\alpha$ によるアフリを用いている。したがって下方への力は、前方への swing の際の方への力に比べてやや早い時期から、すなわち前半から下方への力がより多くバーに加わっている。また外方への力のグラフを見ると、被検者 T_E をのぞいては二つの山が見られる。これは身体が鉛直状態になる少し前で、腕で身体を後方に振ろうとする動作を行ない、つづいて腕でバーを押し、身

体を後上方に振り上げる動作が加わっているからである。

この一連の動作の前半、すなわち、腕で意識的にバーを押し、身体を振りおろす動作は前方への力を大きくすることであり、このことはこの場合の前方への力が身体が鉛直状態になる以前に最大値を示していることから説明出来る。

Swing の後半においては、この前方への力が被検者 M をのぞいて (-) の値を示している。すなわち、後方への力があらわれている。このことは遠心力によって身体が後方へ引かれていることを示している。しかし被検者 M のように身体が鉛直状態を過ぎた直後に $\angle\alpha$ を急激に小さくする。すなわち、身体を後方にそらすことによって運動の方向を上方に変え、後方への力を 0 としている。このように身体が鉛直線を通じたあとの身体の後へのそりによって、後方への力を少なくするという傾向は、被検者 U や T_E にも認められる。一般にアフリを用いていないと云われている被検者 Y は、後方への力が大きく 0.64 倍を示した。

$\angle\gamma$ は運動が行なわれるにつれて次第に大きくなっていることは当然の事である。

$\angle\delta$ 、すなわち肩の前後移動については、前方への swing の際とほぼ同様で、前方への移動が大きく、後方への移動が少ない。

V. 要 約

この研究の目的は、平行棒における腕立支持での swing について、そのフォームとバーに加わった力との関係について検討した。その結果は次の通りである。

前方への swing

1. 腰椎部を中心とする、いわゆる腰のアフリは、その swing の前半にも後半にも行なっている。

2. 大転子を中心とする、いわゆる脚のアフリは、その swing の後半のみに行なわれ、1 の後半のアフリと、相俟ってアフリの効果を一層大きくしている。そしてこの時にバーに加わる三方向の力も最大値を示している。

3. 三方向に加わった力の最大値は下方へは

$W/2 \times (3.30 \sim 3.86)$ (W = 体重)、外方へは $W/2 \times (1.32 \sim 1.67)$ 、前方へは $W/2 \times (0.72 \sim 1.30)$ であった。ただし未熟練者はこれよりも小さい。

4. 肩の移動は前方に約 30° 、後方に約 18° 認められた。

後方への swing

5. 腰椎部を中心とする、いわゆる腰のアフリは、前方への swing の場合と同様に、swing の前半にも行なっている。

6. 大転子を中心とする、いわゆる脚のアフリは、swing の前半のみに行なわれている。したがって、バーに加わる三方向の力は前方への swing の場合よりも時期的にやや早くあらわれている。

7. 三方向に加わった力の最大値は下方へは $W/2 \times (2.76 \sim 3.39)$ 、外方へは $W/2 \times (0.94 \sim 1.54)$ 、前方へは $W/2 \times (0.64 \sim 0.86)$ で前方への swing の場合よりもやや小さい。

8. 後方への swing の後半には、後方へ引かれる力があらわれる傾向がある。

本研究に当って御指導いただいた、東京大学 広田公一教授に、また御協力下さった東京教育大学 渋川侃一教授、電気通信大学 春山国広講師、愛知県立大学 豊島進太郎講師、東京大学 戸荆晴彦先生に心から感謝の意を表します。

文 献

- 1) 体操競技採点規則 p. 6, 1964.
- 2) Ruth B. Glassow and Marion R. Broer A Convent Apparatus for the Study of Motion Picture Films. Res. Quart. 9 (2) 41~49, 1938.
- 3) 古谷嘉邦: フィルム分析台の試作についてひろば (キネシオロジー研究会誌) 72, 2~4, 1967.
- 4) 福田邦三, 松井秀治, 本間茂雄: 大車輪の運動学的研究 (1) 体育学研究 1 (5) 327~334, 1953.
- 5) 石田俊丸他: 鉄棒運動の分析的研究 第 1 報 体育学研究 10 (1) 180, 1953.
- 6) 石田保之: スタンツの理論と実際 p. 270~272, 逍遥書院 1951.
- 7) 浜田靖一他: 図説器械体操事典 p. 91, 講談社 1965.