

マット運動における前方宙返りの動作分析的研究

古谷嘉邦

I 緒言

本研究はマット運動における走り前方宙返りの指導に資せんとするものである。

前方宙返りの指導に就ては、いろいろな意見や方法がある。しかしながら前方宙返りについて科学的な実証に裏付けられた文献はほとんどない。一概に前方宙返りといっても、いろいろな型がある。浜田¹⁾、畑岡²⁾は踏切り方、空中姿勢、腕の使い方などによって、前方宙返りをいくつかの型に分類している。

このうち本研究では、助走して両足で踏切り空中で全身を小さくする、かかえ込み式のものをとりあげ、その中でも最近体操競技等で多く行なわれている、腕を後方に振り上げて踏切る型について検討した。

II 研究方法

1) 対象：東京教育大学体操部員17名。

2) 方法：16 mm 撮影機により動作分析をおこなった。予備実験で、前方宙返りのような速い動作の分析に必要な映画撮影上の条件は、1秒間に64コマ、1コマのシャッター速度は $\frac{1}{640}$ 秒で十分であることがわかった。この条件でフォームがぶれずに瞬間動作をもとらえる事が出来、動作分析も可能である。

撮影したフィルムを映写し、3名の体操指導者に見せ、それぞれの被検者について5点法で採点した。これはフィルムによって分析する為、フィルムに撮影された前方宙返りのできばえが問題となるからである。採点者が出した点の総和が13点以上のものをAグループ、7点から12点のものをBグループ、6点以下のものをCグループとした。

その結果は、Aグループ4名、Bグループ8名、Cグループ5名となった。そして予期したように、Aグループに属したものは全員前方宙返りに関しては日本の一流レベルに達しているものであり、Bグループに属するものは、前方宙返りについて長期の経験を持ってはいるが、まだ一流のレベルに達していないものである。またCグループに属したものは、前方宙返りは出来るが、まだ未熟の段階のものであった。本研究では点の最もよかったAグループ(熟練者)と点の最も悪かったCグループ(未熟練者)とを比較検討した。なおAグループとCグループの中間に属するBグループについては、ここでは参考までに動作分析の数値だけをあげた。

フィルムによる動作分析の測定項目は次のようである。なお分析のための身体の基準点は耳孔、肩峰、大転子、腓側上顆、腓骨踝、つま先、それに肘頭とした。

A) フォーム① 踏切りで足が地床についた時のフォーム

肩とつま先をむすぶ線が地床とのなす角($\angle a$)。躯幹と地床とのなす角($\angle b$)。躯幹と大腿とのなす角($\angle c$)。躯幹と上腕とのなす角($\angle d$)。

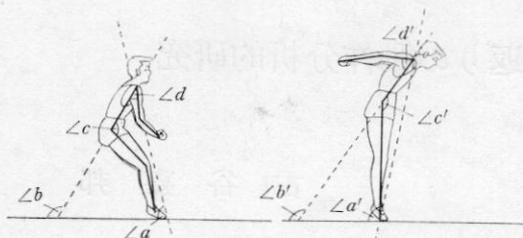
B) フォーム② 踏切りで足が地床からはなれる時のフォーム

肩とつま先をむすぶ線が地床とのなす角($\angle a'$)。躯幹と地床とのなす角($\angle b'$)。躯幹と大腿とのなす角($\angle c'$)。躯幹と上腕とのなす角($\angle d'$)。

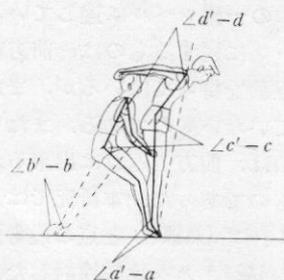
C) フォーム①からフォーム②への移動にともなう角度の変化。

肩とつま先をむすぶ線と地床とのなす角度の変化($\angle a' - \angle a$)。躯幹と地床とのなす角の変化($\angle b' - \angle b$)。躯幹と大腿とのなす角の変化($\angle c' - \angle c$)。躯幹と上腕とのなす角の変化($\angle d' - \angle d$)。

YOSHIKUNI FURUYA: A Research Study on Forward Somersault in Mat by Kinematographic Method.



フォーム① 踏切りで足が地床についた時
 フォーム② 踏切りで足が地床から離れる時



フォーム①からフォーム②への移動にともなう角度の変化

第1図 角度の測定

- D) 踏切り後のフォーム
 躯幹と大腿とのなす角の変化 ($\angle c''$). 躯幹と上腕とのなす角の変化 ($\angle d''$).
- E) 滞空時間
- F) 軌 跡

III 結果と考察

A) フォーム①, 踏切りで足が地床についた時のフォームについて.

$\angle a$) 肩とつま先をむすぶ線と地床とのなす角. この角はからだ全体の傾斜の指標となる.

Aグループは $74.0^\circ \sim 79.0^\circ$ であるが, Cグループは, 被検者 T の 82.0° の1例をのぞけば, $67.0^\circ \sim 73.0^\circ$ で Aグループに比べて小さい. このことから, 未熟練者は踏切りで足が地床についた時に, からだを後に倒した状態であることがわかる. これに比べて熟練者は肩の位置をやや前にしている.

$\angle b$) 躯幹と地床とのなす角

この角は上体の傾きをあらわしており, 腰の角 ($\angle c$) とともに, 跳躍力や跳躍の方向に深い関係

グループ	被検者	フォーム① 踏切りで足が地床についた時のフォーム				フォーム② 踏切りで足が地床から離れる時のフォーム				フォーム①からフォーム②への移動の際のフォームの変化				滞空時間(秒)
		$\angle a$	$\angle b$	$\angle c$	$\angle d$	$\angle a'$	$\angle b'$	$\angle c'$	$\angle d'$	$\angle a' - \angle a$	$\angle b' - \angle b$	$\angle c' - \angle c$	$\angle d' - \angle d$	
A	O	77.0	115.5	112.0	+ 43.5	99.0	106.5	157.0	-59.0	22.0	- 9.0	45.0	-102.5	0.66
	S	79.0	116.0	115.0	+ 27.0	101.0	119.0	156.0	-70.5	22.0	+ 3.0	41.0	- 97.5	0.66
	Mo	74.0	109.0	116.0	+ 43.0	93.0	108.5	156.0	-54.5	19.0	- 0.5	40.0	- 97.5	0.67
	Ma	77.5	124.0	97.0	+ 57.0	93.0	109.0	153.5	-70.0	15.5	-15.0	56.5	-127.0	0.61
B	Y	73.0	110.0	114.0	+ 80.5	90.0	105.0	153.5	-39.0	17.0	- 5.0	38.5	-119.5	0.70
	Sa	66.0	108.0	114.5	+ 77.5	93.0	109.5	156.0	-78.0	27.0	+ 1.5	41.5	-155.5	0.66
	I	74.0	110.5	112.5	+ 76.0	99.0	122.0	143.5	-53.0	25.0	+11.5	31.0	-129.0	0.64
	Ta	71.0	113.5	112.0	+ 46.0	94.0	110.0	159.5	-49.0	23.0	- 3.5	47.5	- 95.0	0.66
	Od	72.0	111.0	112.0	+ 38.0	100.5	122.5	148.0	-51.0	28.5	+11.5	36.0	- 89.0	0.66
	Ya	70.0	112.0	112.0	+ 64.0	93.0	105.5	165.0	-53.5	23.0	- 6.5	53.0	-117.5	0.70
	A	77.0	119.5	106.0	+ 46.0	98.5	115.0	161.0	-62.0	21.5	- 4.5	55.0	-108.0	0.67
	N	73.0	112.0	114.5	+ 39.0	96.0	107.5	155.0	-49.5	23.0	- 4.5	41.5	- 88.5	0.66
C	H	67.0	85.0	146.0	+101.0	105.0	126.0	153.0	+ 8.5	38.0	+41.0	7.0	- 92.5	0.56
	F	71.0	104.0	118.0	+ 77.0	94.5	110.5	152.0	-43.5	23.5	+ 6.5	34.0	-120.5	0.61
	Ha	72.0	108.5	118.0	+ 59.0	93.0	103.0	149.5	-38.0	21.0	- 4.5	31.5	- 97.0	0.61
	T	82.0	122.5	107.5	+ 44.0	103.0	126.0	145.0	-37.0	21.0	+ 3.5	37.5	- 81.0	0.61
	To	73.0	105.0	123.0	+ 62.0	97.0	121.0	147.0	-62.0	24.0	+16.0	24.0	-124.0	0.64

をもつものである。

Aグループは $109.0^{\circ} \sim 124.0^{\circ}$ であるが、Cグループでは、被検者Tの 122.5° の1例をのぞけば、 $85.0^{\circ} \sim 108.5^{\circ}$ でAグループに比べて小さい。すなわち未熟練者は上体を一層大きく後方に傾けている。

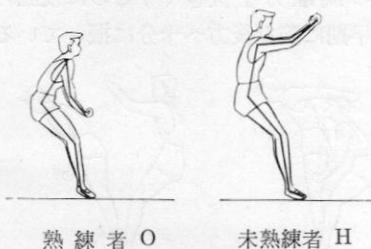
∠c) 躯幹と大腿とのなす角 (以後腰の角と云う) これは跳躍力に関係する。

Aグループは $97.0^{\circ} \sim 116.0^{\circ}$ であり、Cグループの $107.5^{\circ} \sim 146.0^{\circ}$ に比べて小さい。すなわち熟練者は未熟練者に比べて腰を深く曲げた状態で跳躍運動にそなえている。

∠d) 躯幹と上腕とのなす角 (以後肩の角という)。からだの前方を⊕後方を⊖とした。からだに対する腕の振りを示すものである。フォーム①ではいずれも⊕の方向であり、Aグループは ($+27.0^{\circ} \sim 57.0^{\circ}$) 角度が小さく、Cグループは ($+44.0^{\circ} \sim 101.0^{\circ}$) 大きい。すなわち熟練者は腕の後方への振りが早い、未熟練者は後方への振りが遅れ、前方にのこった状態にある。

以上をまとめて、フォーム①を熟練者と未熟練者について作図すると第2図のようになる。熟練者は足の上方にからだをおいている。これに比べて未熟練者は上体が後方に倒れている。

現在前方宙返りの指導書では「踏切りの際には上体を前に倒さず後方に倒すようにして踏切れ」といっており、また実際の指導においてもこのように指導される事が多い。しかし本研究によると、未熟練者の方が上体を後方に倒しており、逆に熟練者は一般に肩の位置を足の上方に置いた状態で踏切っている。勿論踏切りは助走のスピードなどいろいろの制約をうけるので一概にはいえないが本研究の結果からみて、指導書のような上体



第2図 フォーム①
踏切りで足が地床についた時のフォーム

の後方への傾きはあまり強調しない方がよい。

しかしCグループの中にも被検者Tのように∠a、∠b共に大きいという例もあり、この場合には∠a、∠bが著しく大であって過度に上体が前に傾いた状態となっており、踏切りの際に上方へのけりを十分行なうことが出来ず前方宙返りにはかえって悪い結果となる。このような場合もあるのでやや体を後方に倒すように指導する場合もあると思う。

腰の角度は熟練者は深くまげているのに比べて未熟練者はまげ方が小さい。すなわち熟練者は腰を深くまげた状態から跳躍しているの、腰のばねを十分に利用した跳躍といえる。そしてそれは跳躍力を大きくする為の、一つの要素と考えられる。

肩の角は腕の振り方を示すものである。金原³⁾は「腕の振込動作が踏切りの後半で大きな力をだすために役立っている。それは腕を上方へ振り上げる反作用としてキック力が強められる」といっている。

腕の振りが時期的に早く、かつ強ければ上にあがる力にもなり、また回転力ともなる。未熟練者では腕の振りが時期的におそく、上方への跳躍する力に対して効果が小さい。

B) フォーム②、踏切りでつま先が地床からはなれる時のフォームについて。

∠a') 肩とつま先をむすぶ線と地床とのなす角 Cグループの中にこの角度がやや大きく、からだ前方に傾いている2例 (被検者H 105.0° 、T 103.0°) を除いて、Aグループ ($93.0^{\circ} \sim 101.0^{\circ}$) とCグループ ($93.0^{\circ} \sim 97.0^{\circ}$) による差は認められなかった。

∠b') 躯幹と地床とのなす角

Cグループの中にこの角度が特に大きく、上体が前方に傾いている2例 (被検者H 126.0° 、T 126.0°) を除けば、Aグループ ($108.5^{\circ} \sim 119.0^{\circ}$) とCグループ ($103.0^{\circ} \sim 121.0^{\circ}$) による差は認められない。

∠c') 躯幹と大腿とのなす角

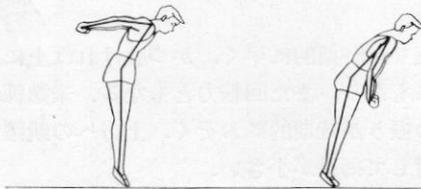
この腰の角はAグループでは、 $153.5^{\circ} \sim 157.0^{\circ}$ 、Cグループでは、 $145.0^{\circ} \sim 153.0^{\circ}$ で、Aグループの方が大きい。

$\angle d'$ 躯幹と上腕とのなす角

Aグループでは $-54.5^\circ \sim -70.0^\circ$ で腕はからだの後方に十分振れているが、Cグループでは1例(被検者 TO -62.0°)を除けば、 $+8.5^\circ \sim -43.5^\circ$ でその振れ方が小さく、まだからだの前方に腕がのこっているものもある。

踏切りで足が地床からはなれる時の角度は、 $\angle a'$ 、 $\angle b'$ については、Aグループ、Cグループの間にあまり差は認められなかった。しかし、Cグループの2例では、これらの角度が大きい。すなわち宙返りの技術に未熟なものでは踏切るとき、からだを前方に極端に倒れるものもある。

$\angle c'$ はAグループの方が大きい。これは踏切りの最後で腰を一層大きくのぼしている事を示しており、跳躍力を大きくするのに役立っている。未熟練者は次に来る回転を意識するために、腰ののぼしを利用した跳躍は十分に行なえないのではないかと考えられる。



熟練者 O 未熟練者 H

第3図 フォーム②. 踏切りで足が地床から離れる時のフォーム

$\angle d'$ 、すなわち肩の角度は、熟練者は後方によく振れており、上昇と回転に役立っているが、未熟練者では十分でない。未熟練者の中の TO は腕が十分に後方に振れていたが、のちに述べるように踏切り後もなお腕の後方への振りがつづけられており、結果的に振り切れていない場合と同じになっている。

C) フォーム①からフォーム②への移動に伴う角度の変化。

$\angle a' - \angle a$ 肩とつま先をむすぶ線が地床とのなす角の変化

Aグループ ($15.5^\circ \sim 22.0^\circ$) と Cグループ ($21.0^\circ \sim 38.0^\circ$) を比較すると、一般に角度の変化は、Aグループの方が小さい。すなわち熟練者は未熟練者に比べて肩の前方への移動が小さい。

$\angle b' - \angle b$ 躯幹が地床とのなす角の変化。

Aグループでは1例(被検者 S+ 3.0°)を除いて $-15.0^\circ \sim -0.5^\circ$ で、 \ominus の方向に変化している。Cグループは $-4.5^\circ \sim +41.0^\circ$ で1例(被検者 Ha- 4.5°)を除いて他は全員 \oplus の方向に変化している。すなわち一般に熟練者は上体をおこしながら踏切ることに対して未熟練者では上体を前に倒しながら踏切っている傾向がある。

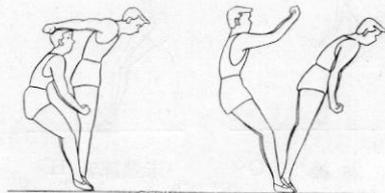
$\angle c' - c$: 躯幹と大腿とのなす角の変化(腰の角の変化)

Aグループはこの腰の角度の変化が $40.0^\circ \sim 56.0^\circ$ で大きい。これに対してCグループはその変化が $7.0^\circ \sim 37.5^\circ$ で小さい。すなわち熟練者は踏切り中に大きくからだをのぼしながら跳躍している。

$\angle d' - \angle d$ 躯幹と上腕とのなす角の変化。この角度の変化から踏切り中の腕の振りを見ることが出来る。これによるとAグループとCグループの間には角度の変化量には差が認められないが、 $\angle d$ 、 $\angle d'$ で述べたように、その時間的な位相差があり、Cグループでは腕の振りが時期的に遅れている。

踏切り中のフォームの変化を総合して見ると一般に熟練者は前方への移動が小さい。腰をのぼす動作についてみると、腰の角度の変化量は大きい。腕の振りについてみても、熟練者は、後方への振れ方が大きく、時期的にも早い。これに対して未熟練者は、からだの前方への移動が大きく、腰の角度の変化量は小さい。また腕の振りは後方への振れ方が小さく、時期的にもおそい。

以上のことから熟練者の踏切り中のフォームの変化は、上下方向に大きく、水平方向には小さい変化を示している。このことは前方宙返りに必要な上方への跳躍力を大きくするのに役立っており、また早期に腕を後方へ十分に振っていること



熟練者 O 未熟練者 H

第4図 踏切り中のフォームの変化

から、腕の振込み動作を十分に利用し、踏切りを一層有利にしている。未熟練者は上下方向に小さく水平方向に大きい変化を示している。また腕の振りが時期的におそく、そのため踏切り中に腕の振込動作を十分に利用することが出来ず、跳躍には不利となる。

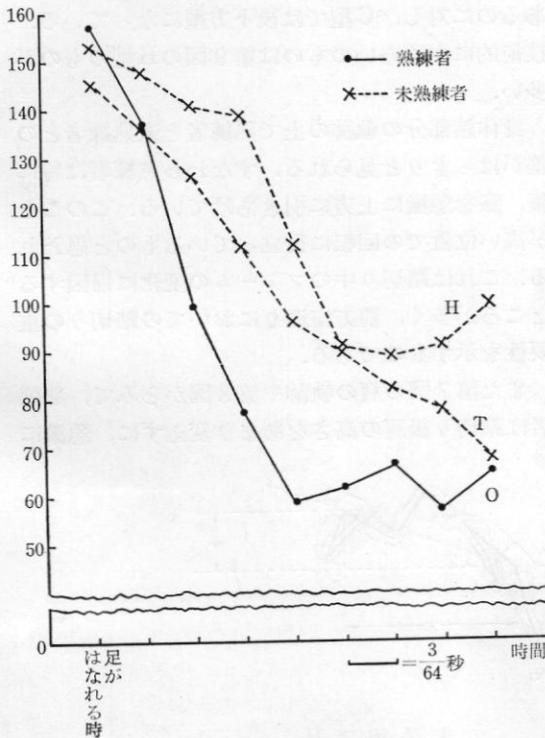
D) 踏切り後のフォームについて

∠c") 躯幹と大腿とのなす角の変化

第5図に示すように腰の角度はAグループでは全員が踏切り後早期に急に小さくなっている。CグループではF, Ha, ToはAグループと同じ変化を示しているが、Tは早い時期から腰をまげ出していても、その経過にアクセントがなく徐々に小さくなっており、Hは踏切り後時間的にAグループよりもややおそくて小さくなっていく。

∠d") 躯幹と上腕とのなす角の変化

第6図に示すようにAグループでは、踏切りで足がはなれてから約0.05秒後(フィルムで3コマ後)にすでに⊕の方向に変化している。すなわち腕の後方への振りは終っている。Cグループでは

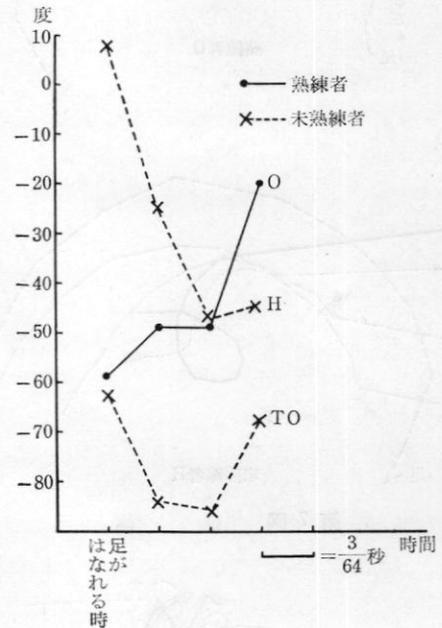


第5図 踏切り後の腰の角度の変化

この時点でも腕を後方に強く振っているものが多く、角度はなお⊖の方向に大きくなっている。

踏切り後の動作の中で、腰の角度を小さくする動作、すなわちからだを小さくまとめる動作は、熟練者のすべて、および未熟練者の多くは早い時期にしかも急激である。しかし未熟練者の中にはその時期が遅いものが1例、アクセントがなく次第に小さくなっているものが1例いた。これは回転を遅れさせたり、回転力を小さくさせたりする原因となる。腕の振りをみると熟練者は踏切りで足が地床からはなれる時よりも、むしろ⊕の方向への変化がみられる。すなわち踏切り後はすでに腕の後方への振りは終っている。未熟練者は踏切り後もなお後方へ振っている。

腕の振りが時期的に早くおこればそれが回転力になると同時に、からだを上方に引き上げる力にも利用されるが、遅ければ回転力にはなるがからだを上方に引き上げるのには役立たない。



第6図 踏切り後の肩の角度の変化

また被検者Toのように、足がはなれる時点で腕は十分に後方へ振れていても、踏切り後もなお後方への振りがつづけられており、かえって宙返りには不利となる。

E) 滞空時間

A グループは約 0.61秒~0.67秒, C グループは約 0.56 秒~0.64 秒で, 一般に熟練者の方が長く, 未熟練者は短い.

F) 全経過を通しての軌跡

- 1) つま先の軌跡. ほぼ半円形を示す. 熟練者にくらべて未熟練者の半円はひらたい半円形を示している.
- 2) 膝の軌跡(腓側上顆). 図に示すように熟練者にくらべて未熟練者はあがり方がゆるやかである.
- 3) 腰の軌跡(大転子). 熟練者は急激に上昇し

後半においては急激に下降しているが未熟練者はゆるやかな山型を示している. 踏切りでつま先がはなれる時の腰の位置と, 腰が最高点に達した時の腰の位置とを, A, Cグループについて比較すると第8図のようである. 最高点に達するまでの時間はA, C両グループには差はなく踏切り後約 1/4秒である. 以上の点からみてAグループはCグループに比べて腰の上方への引き上げ角度が大きい.

4) 肩の軌跡(肩峰). Aグループでは前半と後半の2つの山がある. 前半の山に比べて後半の山は高いか, またはほぼ同じである. これに対しCグループでは2つの山がみられず一つの大きな山だけである. たとえ後半の山がある場合でもそれは前半の山に比べてはるかに低い.

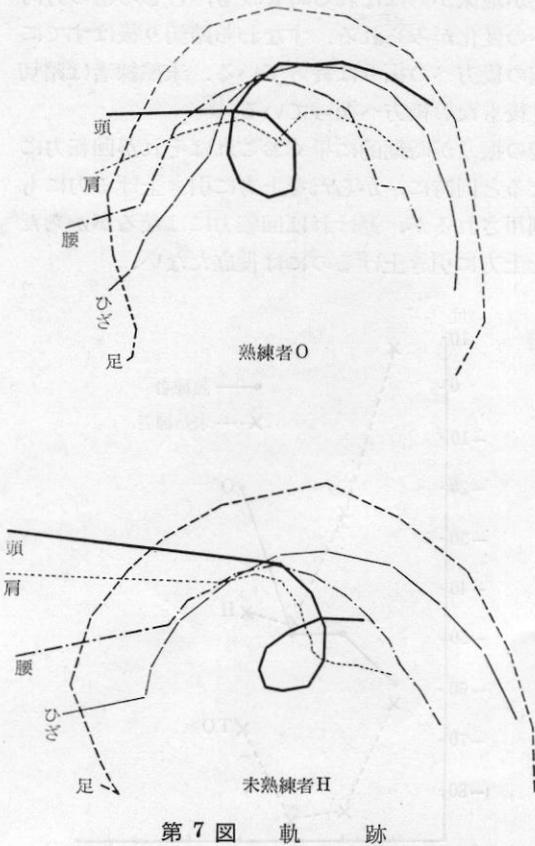
これは未熟練者は回転の時期が遅れ, からだが落下しながら回転していることを示している.

5) 頭の軌跡(耳孔).

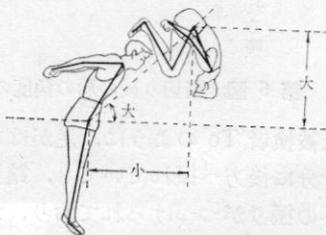
第9図のA型は熟練者, C型は未熟練者である. 熟練者は肩の軌跡と同様, 回転の後半に非常に高くなっている. A型では回転の軌跡が前下方型であるのに対し, C型では後下方型になっている. 技術的に中ぐらいのものは第9図のB型のものが多い.

身体諸部分の軌跡の上で熟練者と未熟練者との差がはっきりと見られる. すなわち熟練者は特に腰, 膝を急激に上方に引きあげている. このことが高い位置での回転に役立っているものと思われる. これは踏切り中のフォームの変化に帰因するところが多く, 前方宙返りにおける踏切りの重要性を示すものである.

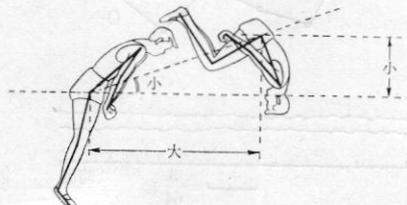
また第7図の肩の軌跡や第8図からみて, 熟練者は踏切り後肩の高さをあまり変えずに, 急激に



第7図 軌 跡

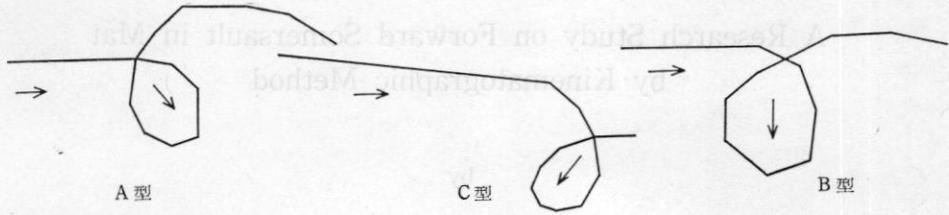


熟 練 者 O



未 熟 練 者 H

第8図 腰 の 引 き 上 げ 角 度



第9図 頭の軌跡

腰を上方に引きあげている。すなわち、肩を中心とした回転を行なっている。

頭の軌跡についてみると、熟練者は高い位置でしかも早期に回転しているのに対し、未熟練者は低く、からだは落下しながら回転しているために、軌跡上にはっきりとした差が認められる。未熟練者は熟練者に比べて回転しなければならないという意識が強いので、このような差が生じたものと考えられる。

走り前方宙返りの経過をフォーム、時間、及び軌跡より観察してみると、熟練者は踏切り時において上体の前方への移動が小さく、未熟練者では大きいことが判った。また熟練者は腰の角度の変化量が大きく、上方に強く踏切っているが、未熟練者は初めから体をのばしているため、跳躍時に十分な腰ののばしを利用することが出来ない。これらの事が踏切り以後の空中動作にも大きく影響していると思われる。

腕を後方に振り上げて踏切る、このような型の前方宙返りにおいては、踏切り時の腕の振りが重要な要素となっている。勿論前方宙返りといっても夫々特徴があり、助走のスピード、踏切りの強さ、タイミング、体の柔らかさ、体力等、きわめて複雑であるが、フォームの上からみた本研究の結果からいえば、腕を後方に振り上げて踏切る型の前方宙返りの未熟練者に対する指導で次の事項を

考慮するとよい。

- ①踏切りに入る時は、からだを後方に倒す事項は強調しない方がよい。
- ②跳躍力を大きくするために踏切りの初期には腰をやや大きくまげさせるように指導する。そして踏切り中に十分腰をのばさせる。
- ③腕は早期に後方に十分に振り、踏切り中に振りきらせる。
- ④踏切り後は急激に腰を引き上げる。
- ⑤踏切り後肩の高さをあまり変えない方がよい。肩を中心として急激に腰を引き上げて回転する。

本研究に当って御指導いただいた東京大学広田公一助教授に、また御協力下さった東京教育大学板垣了平講師、電気通信大学春山国広講師に深く感謝する次第である。

文 献

- 1) 浜田靖一：図説マット運動。新思潮社。p. 19, 1963.
- 2) 畑岡正夫：マット運動における前方宙返りの研究(第1報)。京都教育大学紀要B, No. 29, p. 59~66, 1966.
- 3) 金原 勇, 春山国広, 三浦望慶：跳躍力を大きくする基礎的技術の研究(その1)——反動々作と振込動作について。東京教育大学体育学部スポーツ研究所報, 2号, p. 21~31, 1964.

A Research Study on Forward Somersault in Mat by Kinematographic Method

by

YOSHIKUNI FURUYA

The purpose of this study was to investigate the method of instruction of the forward somersault in mat, by means of a high speed kinematographic analysis of body motion. Results were as follows;

1. Beginners have a tendency of excess backward motion of the body at the moment of their feet come to contact with the ground at the take-off, so the backward inclination of

the bodies as generally instructed should not be particularly emphasized for the beginners.

2. To improve jumping force at the take-off, the hip have to be flexed deeply at the beginning and should be extended as strongly as possible at the end of the take-off.

3. Full back swing of arms should be executed as early as possible during the take-off.