T. OKAMOTO: Analysis of the Backward Long Circle on the High Bar.

逆手車輪の分析的研究

大阪市立東第二高等学校
岡 本 勉

I. 研究目的

鉄棒運動における逆手車輪の分析的研究は、既に、福田氏¹⁾等により、姿勢の変化に伴なう重心の移動問題などについて、詳細に行われているが、今回 16mm 撮影機並びに筋電図により、回転時の何時、どの辺で姿勢の変化があり、又どのくらいの力が働き、そして、その時身体の中の部分の筋肉が実際に働いているかを明らかにせんとした。

II. 実験方法

実験装置は高さ 2m30cm の高鉄棒内に目盛のきざまれた衡立グラフをバックにして、その前面 15m の場所に撮影機を置き、その全モーションを撮影した。なお各被験者の身体部位を明瞭に把握するために、肘関節、肩峰突起、大転子、膝関節、腓骨踝等に各々 15 mm² 大のブラックテープを貼布した。以下これらの部位を、肩、腰、足等のように略称する(図1)。撮影速度は1秒間に16コマ、被験者は大学体操部員(熟練者)

図1 実験装置

III. 結果及びその考察

考察の便宜上、鉄棒の鉛直線上より鉛直線下までを“振りおろし”とし、鉛直線下から鉛直線上までを、“振り上げ”とし、図の如く各 zone を区分した(図2)。

図2 各 zone の名称

逆手車輪の考察に入る前に、鉄棒を支点として、鉄パイプと人体の回転実験について見た結果、鉄パイプを鉄棒の鉛直線上より振りおろすと振り上げ水平線 45° 近くで最高限界点となり、人体においては、鉄パイプ程完全な実験は出来ないが、倒立姿勢から鉄パイプと同様な状態で、殆んど姿勢を変化せずに振り上がった位置についてみると、鉄パイプと、ほぼ同様な傾向を示している(図3)。

即ち、このことは、振りおろしは自然にまかせておいても、鉄棒の鉛直線下まで振りおろされるが振り上げは、自然にまかせておいても、支点の摩擦、あるいは重力の作用、空気抵抗等のため、鉛直線上まで振り上がらないことを示している。

図 3 鉄パイプと人体の回転実験

そこで、鉛直線上までの振り上げを成功させるための要因を把握するために、特に振り上げ時に重点をおき考察を進めた。

1. 姿勢の変化

回転全体を通じて、振り上げ時に、特に脇腰の角度の変化があり、極端な姿勢の変化が見られる(図4)。そこで振り上げ時の各 zone に

図 4 回転時の姿勢の変化

おける姿勢の変化についてみると、振り上げ最初(鉛直線下右)においては足が腰より先行し、即ち腰がそられ、便宜上、今鉄棒から足までを結びこれを底辺とすると、腰を頂点とする三角形を形成している。その後、腰のそりは浅くなり、次の zone (水平線下右) の最初においては、肩、腰、足を結ぶ線は、ほぼ一直線となり、体は伸ばされ、その後腰が足より先行し、即ち腰がまげられ、それから肩が鉛直線上右の初めまで振り上げられるまで肩が最も先行し、腰、足の順におくれ、脇、

腰の角度がせばめられ、台形を形成している。その後、腰の角度がひろげられ肩を頂点とする三角形をなし、振りおろされるにつれ脇の角度はひろげられ体は伸ばされている(図5)。

図 5 振り上げ時の姿勢の変化

2. Locus

姿勢の変化に伴う Locus についてみると、鉄棒を中心に、肩、重心、腰、足の順に環状を示している。そこでこれら Locus を比較通覧するために、鉄棒から各 Locus までの最大距離を 100% とし、これを回転半径として正円を描き、それと各 Locus の関係をみることにした(図6)。

図 6 Locus

(足、腰、肩の Locus と正円の関係)

振りおろしの共通点についてみると、振りおろされるにしたがつて、各 Locus は徐々に正円に近づき、各回転半径は伸長され、鉛直線下通過時に正円に接して最も伸長されて

いる。その後、振り上げられるにしたがい、各 Locus は徐々に正円内に入り、各回転半径は短縮されている。それを身体各部位についてみると、〔足〕では水平線上右の中項で最も短縮され、最大距離 100% に対して 77% と 23% の短縮があり、〔腰〕では水平線上右の初めから中項に 30% 短縮され、〔肩〕でも同じく中項 23% の短縮で最も回転半径は短くなり、その後、各回転半径は徐々に伸長されている（図 7）。

図 7 足、腰、肩の Locus と正円の関係

（重心の Locus と正円との関係）

重心の Locus についてみると、腰の Locus とほぼ同傾向を示している。最も短縮されるのは、水平線上右の終りから次の zone（鉛直線上右）の初めにおいて 30% の短縮があり、腰と全く同比率を示している（図 8）。

図 8 重心の Locus と正円の関係

そこで、次に、振り上げ時の鉄棒から重心までの距離（回転半径）の変化と、脇、腰の

角の変化についてみることにした。

3. 回転半径と脇、腰の角度の変化

振り上げ時の鉄棒から重心までの回転半径は水平線下右、水平線上右において急激に短縮されている。この時の脇、腰の角度の関係についてみると、（水平線下右）においては脇の角度は 180° と脇はひろげられ、中項からせばめられ始めている。それに対して腰の角度は終始せばめられ 180° 以下となり、腰はまげられている。次に（水平線上右）においては脇の角度は前の zone に引き続きせばめられこの zone の終りでは直角近くなり、脇は急激にせばめられている。腰の角度は脇の角度とは逆にこの zone では終始ひろげられ、まげられている（図 9）。

図 9 振り上げ時の回転半径と脇、腰の角度の変化

故に〔水平線下右〕における回転半径短縮の主な原因は腰のまげによるものであり、〔水平線上右〕においては脇の急激なせばめと腰のまげによるものであることがわかる。

4. 速度

各 zone における、身体各部位並びに重心の平均角速度についてみると、足の振り上げ前半、即ち鉛直線下右、水平線下右を除き、他は振りおろしよりも振り上げの角速度がはるかに上廻っている。これを各身体部位についてみると、〔肩〕は振りおろされるに従って加速され、振り上げの水平線下右で最高速度となり、その後振り上げられるに従って幾分

減速するが鉛直線上右まで最高速度に近い速度を保っている。即ち、このことは振り上げ時においては、腕の牽引が終始強く働いているものと思われる。〔腰〕も肩と同じく水平線下右で最高速度となつているがその後の減速は肩に比べると大となつている。

〔足〕は回転全体を通じて振りおろし最後の鉛直線下左で最高速度となり、その後減速し、特に水平線下右では急激な減速があり、次の水平線上右では再び加速されるという。いわゆる速度の波を描いている。このことは姿勢の変化に基くものであつて、即ち、水平線下右においては腰がまげられ、腰が足よりも先行したため、足の速度が減じ、水平線上右では腰の角度がひろげられるに従つて、足の速度が増したため、他の部位には見られない速度の波を描いたものであると思われる。その結果〔重心〕についてみると振り上げ最初の鉛直線下右で最高となり、その後振り上げられるに従つて幾分減速するが水平線上右まで最高速度に近い速度を保っている(表1, 図10)。

振り上げ時は当然、手の摩擦、重力の作用、空気抵抗のため減速するが、姿勢の変化による回転半径の短縮により角速度を増し、そのような減速に対抗して、振り上げ後半まで回転に必要な高い速度を保っているのである。

表 1 各 zone における平均角速度

身体部位と zone	肩 度/sec	腰 度/sec	足 度/sec	重心 度/sec
振り上げ 鉛直線上左	54	58	62	54
水平線左上	117	123	101	112
水平線下左	154	150	184	164
鉛直線下左	168	160	210	188
振りおろし 鉛直線下右	188	196	164	192
水平線下右	240	203	101	180
水平線上右	224	128	144	154
鉛直線上右	168	75	86	77

図 10 各 zone における平均角速度

5. 遠心力

各 zone における平均遠心力についてみると重心の角速度と同じく、振りおろしよりも、振り上げ時の遠心力が大となつている。

体重を上廻る遠心力は鉛直線下左右と水平線下右で、特に鉛直線下左右では大きく、振り上げ最初の鉛直線下右の中頃では最大となり体重の約 1.4 倍の遠心力が体重の他に働き、このような力が鉄棒から手を引き離す力となつていることがわかる。故に、この時期においてはこのような力に耐え得るだけの握力を持たねばならぬ事を物語っている。又鉄棒の鉛直線下附近における回転速度が更に速くなればなるほど、遠心力も大となるので、福田氏等の研究による体重の 3.6~5 倍の遠心力が働くのは当然であり、又このような大きな力に耐え得るだけの把力も必要になつてくる(表2, 図11, 図12)。

図 11 各 zone における平均遠心力

表 2 回 転 時 の 遠 心 力

位 置		距 離 (重心から 次の重心ま で)	速 度	回転半径 (鉄棒から 重心まで)	加 速 度	遠 心 力	各 zone の平均遠心力		
鉛直線上か ら左まわり	Position No.	S (m)	v (m/sec)	r (m)	$\frac{v^2}{r}$ (m/sec ²)	$F = m \frac{v^2}{r}$ (kg)	zone	$\bar{x}$ (kg)	
45°	2~ 3	0.5	0.80	0.90	0.7	3.9	振り おろ し	鉛直線上左	5.6
90°	9~10	1.5	2.40	0.95	6.1	33.1		水平線上左	20.0
135°	13~14	2.0	3.20	1.00	10.2	55.4		水平線下左	51.5
180°	17~18	2.3	3.68	1.08	12.7	68.6		鉛直線下左	63.1
195°	19~20	2.4	3.84	1.05	14.4	74.5	振り あ げ	鉛直線下右	63.9
225°	21~22	2.1	3.36	1.05	11.0	59.4		水平線下右	56.3
270°	25~26	1.6	2.56	0.90	7.5	40.5		水平線上右	34.8
315°	30~31	1.0	1.60	0.76	3.4	18.4		鉛直線上右	9.8
360°	39~40	0.6	0.96	0.84	1.2	6.5			
400°	50~51	0.7	1.12	0.91	1.3	7.0			

但し 時間 $t = 1/16$ 秒 体重 $w = 53.25\text{kg}$ 重力の加速度 $g = 9.8\text{m/sec}^2$ $m = w/g$

図 12 姿勢の変化と重心の関係

IV. 要 約

熟練者の逆手車輪を 16mm 撮影機を用いて動作分析を行い、姿勢の変化、身体各部位並びに重心の Locus、各関節の角度の変化、角速度と遠心力の変化等により、特に問題点である“振り上げ”の特徴を把握した。

1. 振り上げ時において、脇、腰の角度の急激な変化があり、極端な姿勢の変化がみられた。その結果、鉄棒から重心までの距離（回転半径）が短縮されている。特に水平線下右、水平線上右において急激な短縮があり、水平線上右の終りで最も短縮され、鉛直線下時

の最大距離に比し 30% の短縮が行われている。

2. 回転半径短縮の主な原因は脇、腰の角度の変化によるもので、水平線下右では腰の曲げにより、水平線上右では脇の急激なせげめと脇の曲げによつている。

3. 速度については各 zone の平均速度についてみると、足の振り上げ前半を除いて他は振り下ろしよりも、振り上げの速度がはるかに上回っている。特に肩の速度は振り上げ後半他の portion の速度より大となつている。重心についてみると振り上げ最初の鉛直線下右で最高速度となり、その後手の摩擦やあるいは重力の作用、空気抵抗等により幾分減速するが、回転半径短縮のため角速度を増し、そのような減速に対抗し、振り上げ後半まで回転に必要な速度を保ち、鉛直線上までの振り上げを可能ならしめている。

4. 遠心力については、重心の角速度の様振りおろしよりも振り上げの遠心力が大となつており、鉄棒の鉛直線下左右で大きく体重を上回り、振り上げ最初の鉛直線下右では最大となり、体重の約 1.4 倍の力が体重の他

に鉄棒から手を引き離す力となつてることがわかる。

5. 特に問題点である 振り上げ時の何時、どの辺で、どのような筋肉の働きにより、姿勢の変化をもたらすかについては、筋電図で検討したので稿を改めて述べたい。

参 考 文 献

- 1) 福田邦三・松井秀治・本間茂雄：大車輪の運動学的研究 (I)
体育学研究, No. 5 (1953) p.327.
- 2) 福田邦三・松井秀治・本間茂雄：大車輪の運

動学的研究 (II) No.9 (1955) p.539.

- 3) 後藤与一・佐々木美雄・辻野昭：身体運動の分析的研究 (I), 大阪学芸大学紀要, No.4 (1956).
- 4) 後藤与一・佐々木美雄・辻野昭：身体運動の分析的研究 (II), 大阪学芸大学紀要, No.6 (1958).
- 5) 松井秀治：運動と身体の重心 —各種姿勢に関する研究— 体育の科学社, (1958).
- 6) Bunn, J.W: Scientific Principles of Coaching Prentice-Hall (1956).