

# 種々の投球動作における Ball Weight と Ball Velocity の関係

渡辺隆嗣・佐藤由喜子

大藪由夫・高橋邦郎

佐藤宣紘

## I はじめに

物を投げるという動作は、おおよそ人間が坐ることが可能になった時期から始められるが、この時期に使用される部位は上肢のみであり、動作もぎこちなく、物体も遠くへ投げることは出来ない。しかしながら、発育、発達とともに遊戯や自然運動を通して、さまざまな重量や大きさの物体を投げることによって、次第に投球のコツを習得するようになる。物を投げる、すなわち投球動作には物体を握っている手はもち論のこと、前腕、上腕、体幹、下肢など全身のさまざまな部位が関与する。

物を投げるという行為は、日常生活においてきわめて一般的であり、そのため多方面から研究がなされ報告されている。石井・中出<sup>1)</sup>は、16mm 高速度撮影機を使用し、速度と時間並びに加速度と時間の関係を求め、さらに投てき物の最高速度と作用した力との相乗積から瞬間最大パワーを求めている。その結果、Ball Weight の増加とともに速度は低下するが力は強く働き、さらにボールが軽ければ速度は速くなるが力は弱くなることを明らかにした。また、中出・相浦・石井<sup>2)</sup>らは、ボール投げのトレーニングによって投球時のパワーが著しく向上した原因は、速度よりも力の要素の向上が著しいと報告している。鈴木・石井・中野<sup>3)</sup>らは、投てき物には至適重量が存在するのではないかと推察している。さらに、Fenn・Marshi・Hill・Rarston<sup>4)</sup>らは、蛙、猫、人間の筋を使って負荷と最大速度との関係を明らかにした。また、豊島・宮下<sup>5)</sup>は、種々のボールを使用して投球動作中の速度—力関係を明らかにしようとした。しかし、これらの報告では、投球動作がオーバースロー、あるいはアンダースローに限定されているので、著者達は重量の異なる 10 種類のボールを種々の投球動作で Throwing させ、その際の Ball Weight と Ball Velocity の関係を検討した。

## Ⅱ 研 究 方 法

### 1 被験者

対象者は、大学野球部員 5 名、一般男子学生 8 名、一般女子学生 8 名の計 21 名である。

### 2 測定項目

#### 1) Ball Velocity

ボールが指先を離れた瞬間から標的までに要した時間と、標的までの距離から算出した。

#### 2) 手首及び肘関節の角度変化

Electro Goniometer を手首及び肘関節に装着し、各投球動作時における角度変化をペン書きオッシログラフに記録させた。

### 3 投球動作

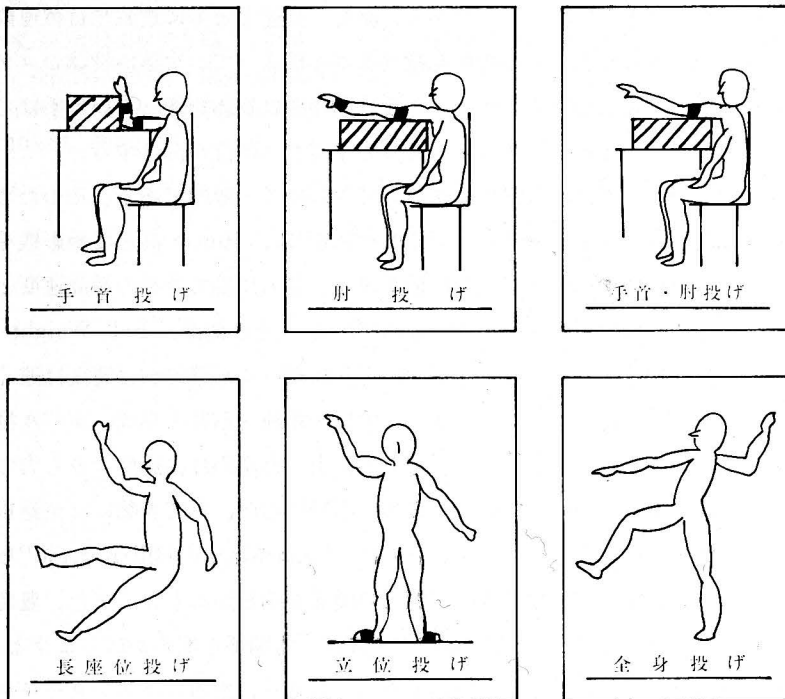


図1 投球動作

## 種々の投球動作における Ball Weight と Ball Velocity の関係

日常行われている投球動作は、全身運動であるが、身体各部位が投球時にはたす役割を検討する目的で、図 1 に示すような動作で投球させた。その内容は以下のようである。

- 1) 椅子座位姿勢で、前腕、上腕を固定し、手掌だけの投球——以下「手首投げ」と呼称する。
- 2) 上腕及び手首（180°に伸ばした状態）関節を固定し、肘関節を中心とした投球——以下「肘投げ」と呼称する。
- 3) 上腕を固定し、手首及び肘関節を中心とした投球——以下「手首・肘投げ」と呼称する。
- 4) 長座位姿勢で、身体上半身による投球、このとき腰を浮かさないよう指示した。——以下「長座位投げ」と呼称する。
- 5) 立位姿勢で、振り上げ足を使わず、両足を肩幅に開いて固定させ、標的に正対した姿勢による投球——以下「立位投げ」と呼称する。
- 6) ワインドアップからオーバースローによる身体全身を使った本来の投球動作による投球——以下「全身投げ」と呼称する。

### 4 標的までの距離

各種投球動作時において、ボールが水平移動して標的にあたるように、表 1 に示す距離を設定した。

表 1 標的までの距離

投 球 動 作	性 別	距 離
手 首 投 げ	♂・♀	1m
肘 投 げ	♂・♀	2m
手 首・肘 投 げ	♂	4m (50~300 g)・3m (350~500 g)
	♀	4m (50~150 g)・3m (200~500 g)
長 座 投 げ	♂	10m
	♀	6m
立 位 投 げ	♂	10m
	♀	8m
全 身 投 げ	♂	10m
	♀	8m

### 5 実験装置

1) 標的

大きさ: 65cm×80cm

地上高: 70cm

2) ボール

大きさ: 直径6.5cm

重 量: 50g, 100g, 150g, 200g, 250g, 300g, 350g, 400g, 450g, 500g の10種類

6 試技回数

各種投球動作において、各重量2回の全力投球を行わせた。

### III 結 果

#### 1 Ball Velocity

各種投球動作時における Ball Velocity については、表2に示すようであり、Ball Weight と Ball Velocity の関係を Hill の特性方程式を適用して求めたものが、図2である。

各対象群の Ball Velocity は、いずれの投球動作時においても、Ball Weight が増加すると減少する傾向にあった。また、Ball Velocity は、いずれの対象群においても、「手首投げ」、「肘投げ」、「手首・肘投げ」、「長座位投げ」、「立位投げ」、「全身投げ」の順に増加する傾向が認められた。すなわち、投球動作に身体各位の参加が多くなるにつれて、Ball Velocity は増大した。

野球部員と一般男子では、「手首投げ」、「肘投げ」、「手首・肘投げ」において、Ball Weight が増加しても Ball Velocity の減少度合いは小さかった。「長座位投げ」、「立位投げ」、「全身投げ」においては、Ball Weight の増加とともに Ball Velocity の減少度合いが大きくなった。しかし、一般女子では、いずれの投球動作においても Ball Weight の増加による Velocity の減少は小さかった。また、Ball Velocity は、野球部員と一般男子において、「手首・肘投げ」と「長座位投げ」との間に顕著な差がみられたが、一般女子では各投球動作間の差はほとんどみられなかった。

#### 2 手首及び肘関節角速度

各種投球動作時の手首及び肘関節角度変化は、表3、図3に示すようである。

いずれの投球動作においても、値のばらつきは大きい、Ball Weight の増加とともに手首および肘関節角度が減少する傾向を認めた。また、いずれの対象群とも「肘投げ」、「手首・肘投げ」時の肘関節角速度は、「手首投げ」時の手首関節角速度を下回った。さらに、肘関節角速度は、いずれの対象群においても、身体各部位の動

種々の投球動作における Ball Weight と Ball Velocity の関係

表 2 各種投球動作時における Ball Weight と Ball Velocity

投球動作	Subject	Ball Weight (g)									
		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
手首投げ	Skilled (♂)	7.1±0.69	7.2±0.84	7.0±0.77	6.5±1.10	6.3±0.82	6.3±0.89	5.7±0.72	5.8±0.65	5.9±0.73	5.9±0.49
	Unskilled (♂)	5.6±1.12	5.8±1.22	5.9±1.27	6.0±0.89	5.8±0.96	5.8±0.91	5.6±0.86	5.6±0.80	5.4±0.74	5.1±0.81
	Unskilled (♀)	5.1±0.69	5.1±0.88	4.8±0.74	4.7±0.87	4.6±0.51	4.5±0.67	4.3±0.61	4.2±0.69	4.2±0.71	4.1±0.72
肘投げ	Skilled (♂)	8.2±0.72	8.7±0.98	8.9±2.01	8.0±0.58	7.8±0.97	7.9±0.56	7.4±0.80	7.4±0.51	7.4±0.55	7.3±0.63
	Unskilled (♂)	7.6±0.85	7.9±1.07	7.9±0.74	7.8±0.78	7.6±0.86	7.7±0.86	7.3±0.81	7.1±0.75	7.0±0.57	7.1±0.57
	Unskilled (♀)	6.4±0.63	6.4±0.70	6.3±0.71	6.4±0.58	6.1±0.84	6.1±0.43	5.4±0.64	5.5±0.59	5.4±0.54	4.9±0.53
手首・肘投げ	Skilled (♂)	9.6±1.28	9.3±0.81	9.2±0.90	9.0±1.00	8.2±0.99	8.3±0.83	7.5±0.74	7.8±0.65	8.0±0.62	7.4±0.13
	Unskilled (♂)	9.1±1.03	8.7±0.63	8.4±0.65	8.3±0.65	8.0±0.52	8.1±0.57	7.5±0.60	7.4±0.84	7.2±0.72	6.7±0.78
	Unskilled (♀)	7.3±0.75	7.1±0.61	6.5±0.47	6.2±0.43	6.2±0.39	6.2±0.41	5.8±0.57	5.4±0.63	5.4±0.63	5.4±0.63
真座位投げ	Skilled (♂)	21.3±2.47	20.3±2.65	20.2±2.10	19.0±2.06	18.2±1.69	18.2±1.31	17.3±1.24	16.8±1.33	15.7±2.70	15.0±1.79
	Unskilled (♂)	18.3±3.49	18.8±3.08	17.7±2.41	17.3±2.48	17.1±2.01	17.0±2.38	15.4±1.84	14.9±1.31	14.3±1.58	14.2±1.14
	Unskilled (♀)	11.7±3.49	11.4±3.08	10.9±2.41	10.4±2.48	10.5±2.01	10.3±2.38	9.7±1.40	9.5±1.81	9.1±2.01	9.4±1.61
立位投げ	Skilled (♂)	25.0±3.20	25.9±4.12	24.5±1.80	23.6±1.41	22.4±1.48	22.1±1.68	19.9±1.85	19.8±1.90	18.9±1.46	18.3±1.52
	Unskilled (♂)	24.0±2.94	21.0±3.12	23.0±2.64	22.2±2.32	21.2±2.14	20.6±2.65	18.7±2.17	18.8±1.85	18.1±1.85	17.5±1.77
	Unskilled (♀)	13.4±2.29	13.5±2.01	13.6±2.04	13.3±1.65	13.2±1.80	12.9±1.75	12.1±1.62	12.2±1.47	11.9±1.55	10.6±1.38
全身投げ	Skilled (♂)	29.9±3.20	30.2±0.97	28.8±1.00	27.6±1.04	26.6±1.13	25.9±0.93	23.4±0.77	23.0±1.56	21.7±0.88	22.0±2.43
	Unskilled (♂)	26.9±3.36	28.2±3.07	27.4±2.41	24.1±3.57	25.3±2.25	24.7±2.40	22.9±2.02	22.6±1.88	21.8±1.95	21.1±2.60
	Unskilled (♀)	17.1±3.36	16.5±3.07	16.3±2.41	16.2±3.57	15.8±2.25	15.8±2.40	14.7±2.02	14.7±1.88	14.1±1.95	13.8±2.60

M±S.D(単位: m/sec.)

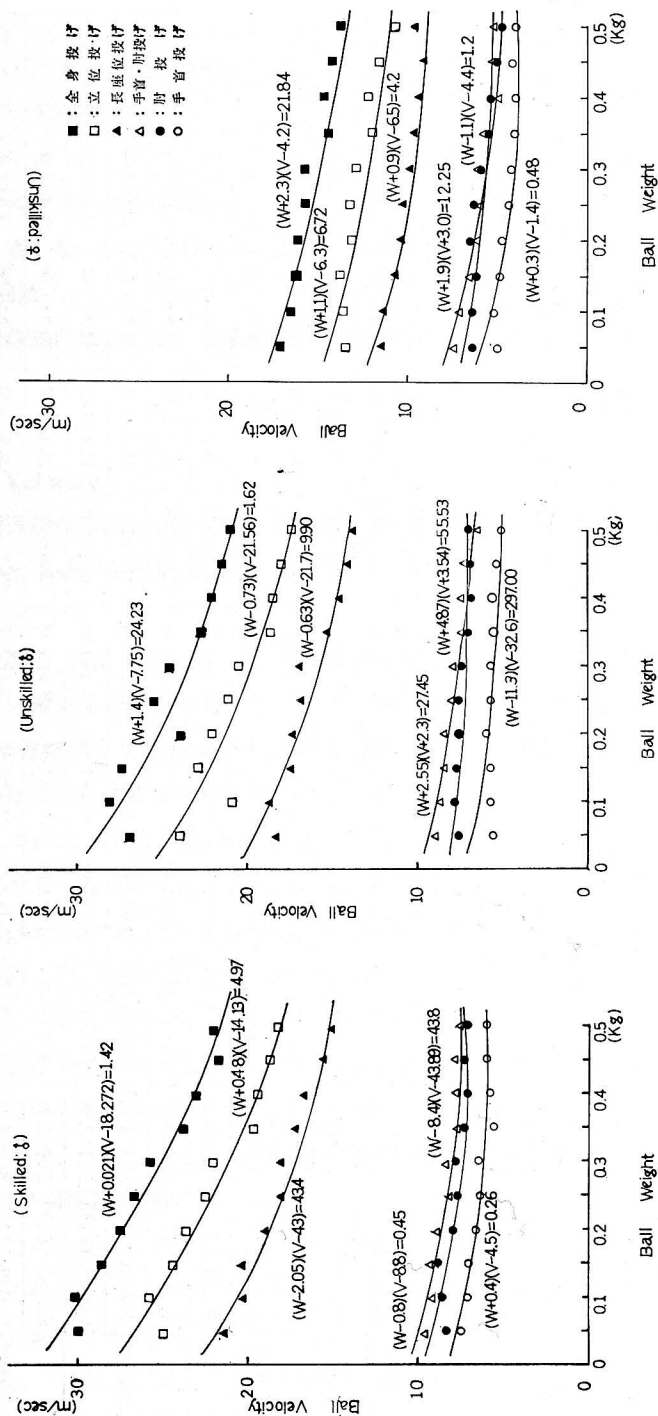


図2 Ball Weight と Ball Velocity の関係 (平均値)

種々の投球動作における Ball Weight と Ball Velocity の関係

表 3 各種投球動作時における Ball Weight と手首及び肘関節角速度

投球動作	Subject	Ball Weight (g)									
		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
手首投げ	Skilled (♂)	1012.5 ± 154.0	928.1 ± 230.6	707.5 ± 323.7	922.5 ± 313.4	866.3 ± 256.5	937.2 ± 163.5	857.8 ± 224.6	915.0 ± 139.5	784.0 ± 262.9	795.0 ± 204.4
	Unskilled (♂)	1073.5 ± 587.8	1220.9 ± 448.5	1279.7 ± 358.2	1138.7 ± 406.4	1189.5 ± 456.8	1215.4 ± 430.1	1093.4 ± 303.1	1307.3 ± 269.5	1256.4 ± 379.3	1280.5 ± 496.7
	Unskilled (♀)	976.7 ± 593.9	1036.4 ± 634.4	924.6 ± 430.3	956.1 ± 654.3	848.4 ± 346.6	930.5 ± 453.5	915.6 ± 343.4	966.0 ± 443.3	787.3 ± 532.9	836.4 ± 394.5
肘投げ	Skilled (♂)	746.8 ± 146.6	774.6 ± 82.7	789.9 ± 145.3	717.2 ± 109.0	755.8 ± 117.2	745.2 ± 91.3	638.4 ± 146.7	651.2 ± 33.3	753.5 ± 156.1	764.9 ± 99.1
	Unskilled (♂)	808.6 ± 104.6	833.0 ± 191.8	914.7 ± 161.6	837.2 ± 173.0	781.1 ± 194.3	789.7 ± 167.3	714.1 ± 153.2	767.2 ± 151.3	767.2 ± 188.3	749.8 ± 195.0
	Unskilled (♀)	831.1 ± 193.5	716.3 ± 159.0	727.4 ± 154.7	784.7 ± 144.9	691.7 ± 103.2	684.3 ± 93.9	639.9 ± 110.6	603.9 ± 196.7	676.8 ± 93.9	633.1 ± 154.1
手首・肘投げ	Skilled (♂)	800.4 ± 155.3	825.8 ± 134.8	900.0 ± 189.7	776.9 ± 128.3	853.1 ± 80.4	772.2 ± 92.7	700.5 ± 94.2	737.7 ± 87.9	695.3 ± 57.5	688.6 ± 85.1
	Unskilled (♂)	843.6 ± 162.2	835.1 ± 191.8	846.9 ± 161.6	790.3 ± 173.0	912.1 ± 194.3	858.8 ± 167.3	797.6 ± 153.2	803.9 ± 151.3	816.0 ± 188.3	738.0 ± 195.0
	Unskilled (♀)	738.9 ± 231.8	692.2 ± 157.4	667.0 ± 187.8	650.8 ± 276.7	706.3 ± 220.9	695.7 ± 199.5	708.9 ± 190.1	650.8 ± 211.4	691.3 ± 233.9	699.6 ± 224.5
長座位投げ	Skilled (♂)	1476.0 ± 263.6	1380.9 ± 260.8	1502.1 ± 351.3	1393.0 ± 176.9	1253.8 ± 151.5	1410.8 ± 249.1	1260.2 ± 210.0	1312.5 ± 289.0	1147.2 ± 160.1	1311.3 ± 30.0
	Unskilled (♂)	1623.4 ± 356.2	1658.6 ± 321.2	1699.0 ± 442.6	1685.8 ± 485.4	1554.8 ± 357.1	1603.6 ± 414.2	1512.6 ± 375.2	1442.8 ± 307.2	1325.4 ± 287.8	1555.5 ± 349.2
	Unskilled (♀)	928.5 ± 232.8	1116.5 ± 254.2	993.8 ± 201.4	1009.1 ± 211.0	1003.4 ± 180.2	985.8 ± 250.6	1048.0 ± 204.7	1083.7 ± 241.0	1090.6 ± 229.0	1120.1 ± 224.8
立位投げ	Skilled (♂)	1479.2 ± 98.7	1512.7 ± 274.7	1623.1 ± 153.7	1567.9 ± 279.3	1477.7 ± 187.4	1439.2 ± 72.9	1410.6 ± 77.8	1300.3 ± 126.8	1252.9 ± 231.8	1340.7 ± 138.9
	Unskilled (♂)	1693.7 ± 280.7	1554.2 ± 219.6	1648.5 ± 409.4	1574.0 ± 351.5	1607.8 ± 255.1	1551.7 ± 343.7	1478.7 ± 319.6	1522.2 ± 303.9	1457.6 ± 246.7	1472.6 ± 444.3
	Unskilled (♀)	1097.5 ± 142.8	1061.3 ± 194.9	1153.1 ± 244.5	1205.3 ± 163.1	1151.0 ± 197.1	1131.9 ± 207.8	1122.5 ± 204.7	1148.5 ± 210.8	1093.3 ± 114.8	1108.9 ± 240.0
全身投げ	Skilled (♂)	1905.8 ± 126.1	2006.3 ± 466.9	1672.1 ± 157.3	1593.8 ± 87.7	1608.8 ± 151.3	1485.0 ± 170.4	1617.2 ± 269.3	1422.5 ± 124.5	1518.8 ± 135.0	1409.3 ± 142.4
	Unskilled (♂)	1754.8 ± 520.4	1789.3 ± 265.9	1950.2 ± 294.3	1768.7 ± 361.1	1764.5 ± 731.4	1785.4 ± 327.7	1678.3 ± 405.5	1551.8 ± 365.6	1630.1 ± 398.8	1526.1 ± 310.1
	Unskilled (♀)	1395.8 ± 258.9	1409.4 ± 222.5	1487.2 ± 177.2	1434.2 ± 216.8	1412.8 ± 199.5	1312.5 ± 187.8	1293.8 ± 201.5	1437.9 ± 480.7	1377.0 ± 117.4	1186.9 ± 251.3

M ± S, D (単位: %sec.)

注: 手首投げの場合は、手首関節の角速度であり、他の投球動作の場合は、肘関節角速度である。

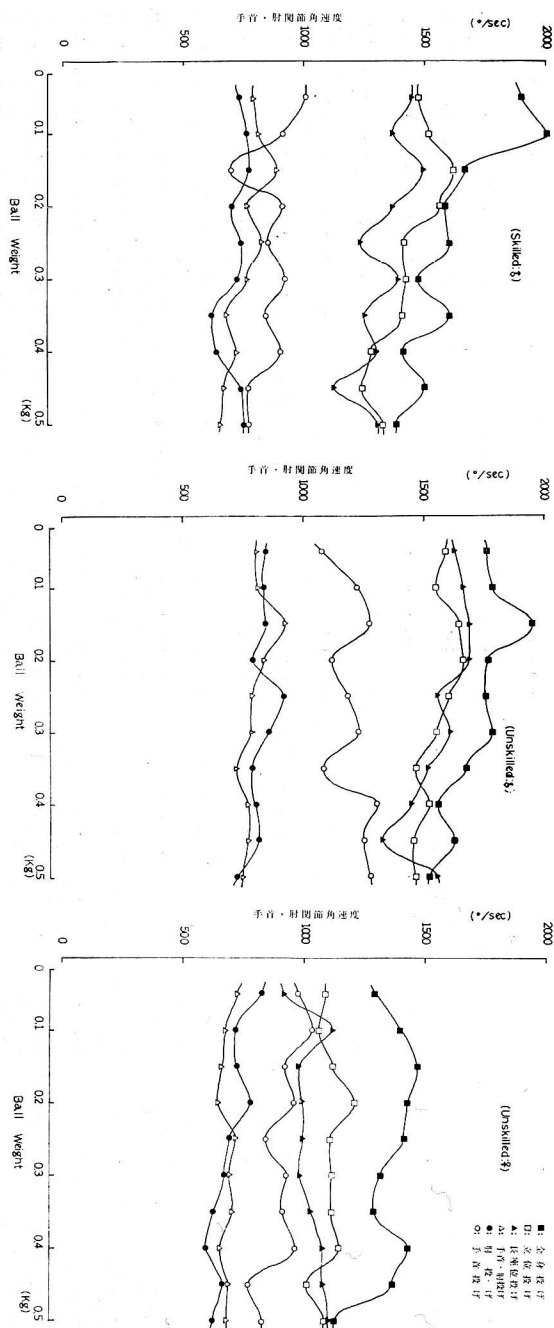


図3 Ball Weight と角速度(手首、肘関節)の関係(平均値)

注: 手首投げの場合は、手首関節の角速度であり、他の投球動作の場合は、肘関節角速度である。



種々の投球動作における Ball Weight と Ball Velocity の関係

表 4 各種投球動作時における Ball Weight と Kinetic Energy

投球動作	Subject	Ball Weight (g)									
		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
手首投げ	Skilled (♂)	0.13±0.03	0.27±0.06	0.37±0.08	0.43±0.14	0.52±0.13	0.61±0.18	0.60±0.15	0.70±0.15	0.80±0.20	0.88±0.15
	Unskilled (♂)	0.08±0.03	0.18±0.07	0.28±0.08	0.37±0.14	0.44±0.13	0.52±0.17	0.56±0.15	0.64±0.17	0.67±0.18	0.68±0.21
	Unskilled (♀)	0.07±0.02	0.14±0.05	0.18±0.06	0.23±0.09	0.27±0.06	0.32±0.09	0.34±0.12	0.38±0.14	0.41±0.14	0.44±0.15
肘投げ	Skilled (♂)	0.17±0.03	0.40±0.09	0.63±0.31	0.64±0.10	0.79±0.20	0.96±0.14	0.99±0.22	1.13±0.16	1.26±0.19	1.35±0.23
	Unskilled (♂)	0.15±0.03	0.32±0.08	0.48±0.09	0.63±0.12	0.75±0.16	0.91±0.20	0.96±0.20	1.04±0.21	1.13±0.18	1.28±0.20
	Unskilled (♀)	0.10±0.02	0.21±0.05	0.28±0.12	0.41±0.07	0.47±0.07	0.57±0.08	0.53±0.16	0.61±0.14	0.68±0.13	0.63±0.13
手首・肘投げ	Skilled (♂)	0.23±0.06	0.44±0.08	0.66±0.13	0.79±0.19	0.87±0.22	1.05±0.22	1.02±0.20	1.26±0.21	1.46±0.23	1.41±0.05
	Unskilled (♂)	0.21±0.05	0.39±0.06	0.54±0.09	0.70±0.11	0.81±0.11	1.02±0.19	1.00±0.17	1.13±0.26	1.19±0.24	1.16±0.27
	Unskilled (♀)	0.14±0.02	0.26±0.04	0.32±0.05	0.40±0.05	0.48±0.06	0.59±0.19	0.62±0.16	0.61±0.26	0.69±0.24	0.76±0.27
長座位投げ	Skilled (♂)	1.15±0.25	2.14±0.55	3.16±0.64	3.73±0.81	4.25±0.77	5.09±0.73	5.34±0.77	5.79±0.90	5.81±2.03	5.64±1.33
	Unskilled (♂)	0.87±0.31	1.85±0.60	2.43±0.64	3.12±0.89	3.79±0.90	4.50±1.30	4.27±1.03	4.57±0.82	4.76±1.01	5.19±0.85
	Unskilled (♀)	0.35±0.12	0.67±0.18	0.93±0.27	1.13±0.33	1.45±0.48	1.66±0.55	1.70±0.50	1.91±0.66	1.99±0.85	2.33±0.83
立位投げ	Skilled (♂)	1.58±0.37	3.49±1.02	4.60±0.67	5.68±0.67	6.42±0.83	7.50±1.12	7.15±1.28	8.03±1.51	8.22±1.26	8.63±1.44
	Unskilled (♂)	1.47±0.37	2.88±0.75	4.10±0.94	5.09±0.94	5.77±1.04	6.58±1.12	6.32±1.58	7.29±1.41	7.55±1.40	7.84±1.49
	Unskilled (♀)	0.46±0.16	0.95±0.30	1.45±0.44	1.84±0.48	2.24±0.64	2.57±0.72	2.67±0.76	3.14±0.76	3.32±0.88	3.56±0.88
全身投げ	Skilled (♂)	2.23±0.16	4.65±0.30	6.34±0.44	7.77±0.59	9.07±0.76	10.28±0.74	9.81±0.64	10.85±1.45	10.85±0.87	12.47±2.86
	Unskilled (♂)	1.93±0.53	4.11±0.95	5.77±1.01	6.03±1.66	8.25±1.48	9.42±1.76	9.47±1.70	10.76±1.88	10.96±1.87	11.54±2.68
	Unskilled (♀)	0.75±0.21	1.40±0.29	2.05±0.39	2.69±0.43	3.18±0.49	3.82±0.67	3.87±0.63	4.46±0.83	4.61±0.72	4.92±1.00

M±S.D (単位: kg·m)

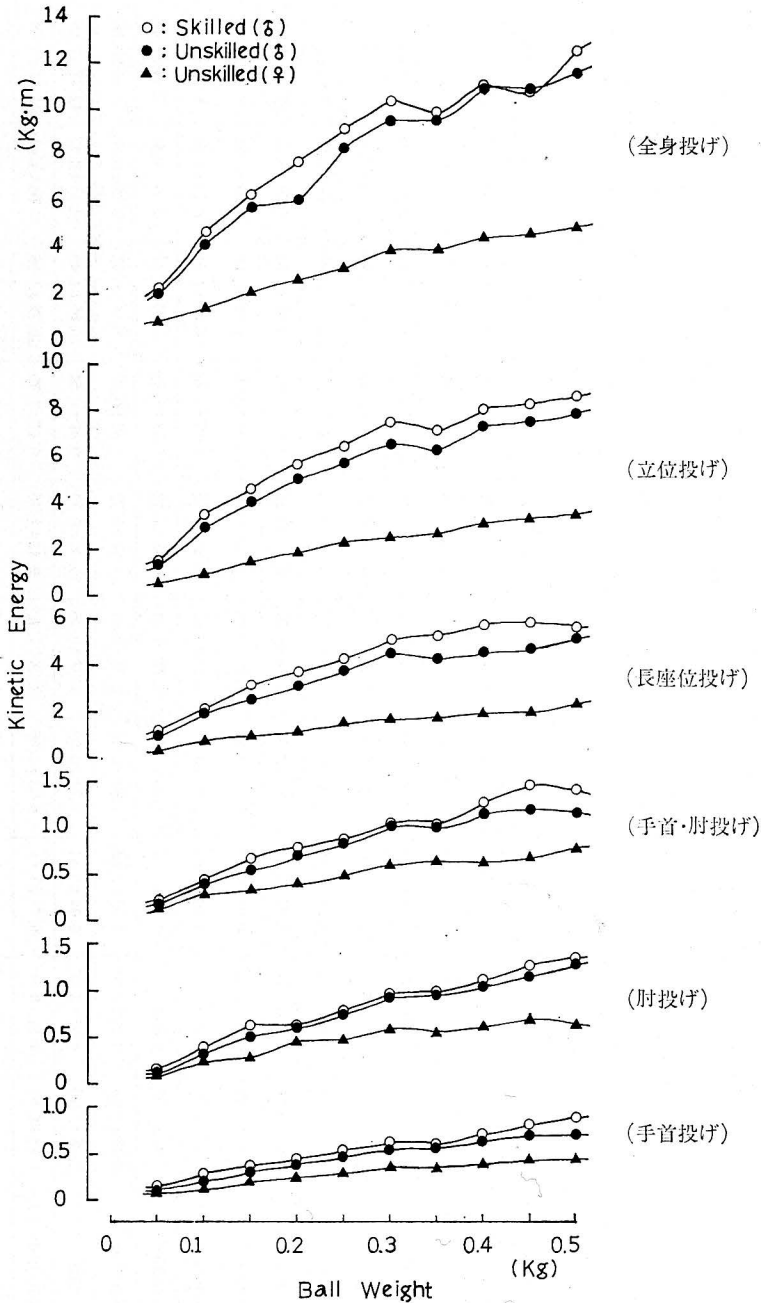


図4 Ball Weight と Kinetic Energy の関係 (平均値)

## 種々の投球動作における Ball Weight と Ball Velocity の関係

員増加とともに増大した。また、肘関節角速度の最高値は、いずれの対象群においても、Ball Weight が 100 g から 200 g の時にすべての投球動作において示された。

野球部員と一般男子を比較すると、手首及び肘関節角速度は、いずれの投球動作においても、一般男子の方が上回った。また、両群とも Throwing 形態が、「手首・肘投げ」から「長座位投げ」に変化する際に著差を認めた。一般女子では、いずれの投球動作においても、手首及び肘関節角速度の差はほぼ同じであった。

### 3 Kinetic Energy

各種投球動作時の Kinetic Energy については表 4、図 4 に示したようである。

Kinetic Energy はいずれの投球動作においても Ball Weight の増加に伴って、各対象群とも増加傾向にあった。また、各対象群とも投球動作に身体各部位の参加が多くなるにつれて、増加は顕著となった。そして、いずれの投球動作においても、野球部員、一般男子、一般女子の順に大きな値を示した。しかしながら、野球部員と一般男子との差は、わずかであった。一般女子においては、身体各部位の投球動作への参加が増加しても、Kinetic Energy の増加は男子のように顕著ではなく、身体各部位の参加が多い投球動作になるにつれて男子との差は大きくなった。

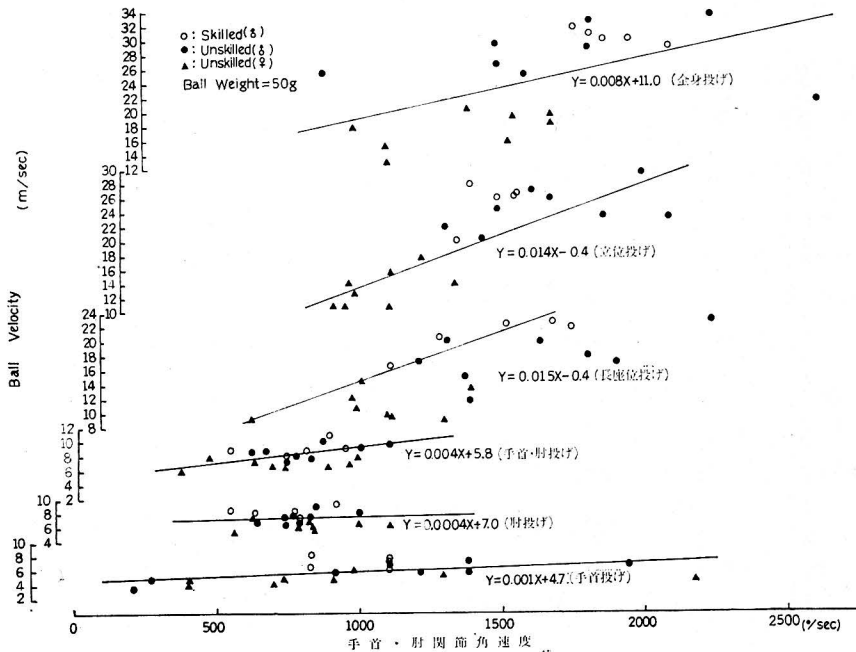


図5 手首及び肘関節角速度と Ball Velocity の関係 (個人値)

注：手首投げの場合は、手首関節の角速度であり、他の投球動作の場合は、肘関節角速度である。

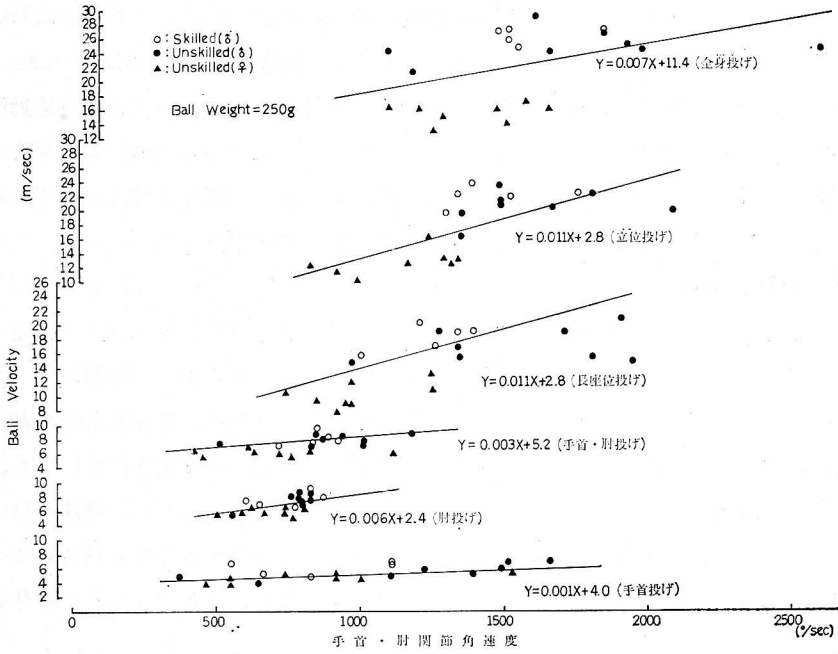


図 6

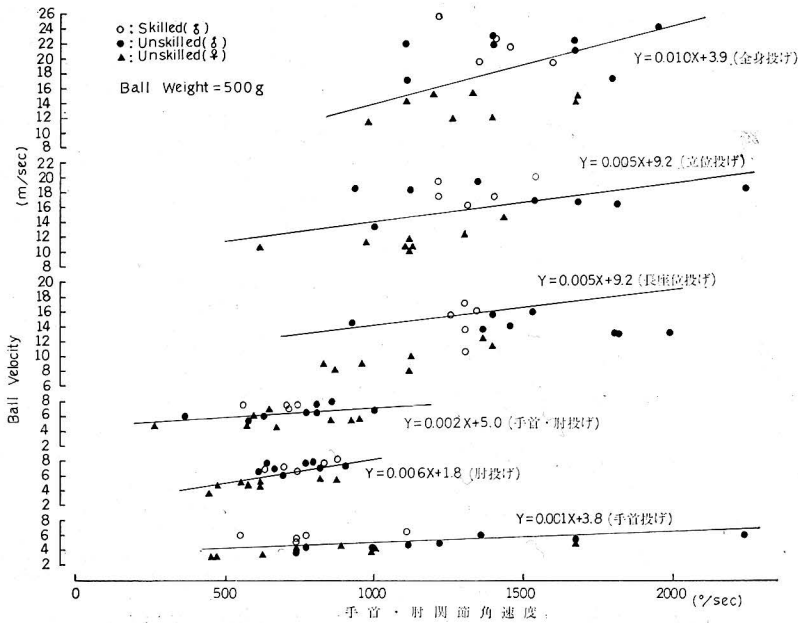


図 7

#### 4 Ball Velocity と手首及び肘関節角速度の関係

Ball Velocity と各種投球動作時における手首及び肘関節角速度の関係については、図5～7に示すようである。

##### (イ) 「手首投げ」の場合

各種ボール投球時の Ball Velocity と手首関節角速度の相関係数は、それぞれ  $r=0.43(p<0.05, 50g)$ ,  $r=0.57(p<0.01, 250g)$ ,  $r=0.51(p<0.02, 500g)$  であり、回帰式は、 $Y=0.001X+4.7(50g)$ ,  $Y=0.001X+4.0(250g)$ ,  $Y=0.001X+3.8(500g)$  であった。

##### (ロ) 「肘投げ」の場合

Ball Velocity と肘関節角速度の相関係数は、それぞれ  $r=0.06(p>0.05, 50g)$ ,  $r=0.60(p<0.01, 250g)$ ,  $r=0.68(p<0.001, 500g)$  であり、回帰式は、 $Y=0.0004X+7.0(50g)$ ,  $Y=0.006X+2.4(250g)$ ,  $Y=0.006X+1.8(500g)$  であった。

##### (ハ) 「手首・肘投げ」の場合

Ball Velocity と肘関節角速度の相関係数は、それぞれ  $r=0.48(p<0.05, 50g)$ ,  $r=0.47(p<0.05, 250g)$ ,  $r=0.37(0.05<p<0.1, 500g)$  であり、回帰式は、 $Y=0.004X+5.8(50g)$ ,  $Y=0.003X+5.2(250g)$ ,  $Y=0.002X+5.0(500g)$  であった。

##### (ニ) 「長座位投げ」の場合

Ball Velocity と肘関節角速度の相関係数は、それぞれ  $r=0.69(p<0.001, 50g)$ ,  $r=0.71(p<0.001, 250g)$ ,  $r=0.50(p<0.025, 500g)$  であり、回帰式は、 $Y=0.015X-0.4(50g)$ ,  $Y=0.011X+2.8(20g)$ ,  $Y=0.005X+9.2(500g)$  であった。

##### (ホ) 「立位投げ」の場合

Ball Velocity と肘関節角速度の相関係数は、それぞれ  $r=0.79(p<0.001, 50g)$ ,  $r=0.71(p<0.001, 250g)$ ,  $r=0.50(p<0.02, 500g)$  であり、回帰式は、 $Y=0.014X-0.4(50g)$ ,  $Y=0.011X+2.8(250g)$ ,  $Y=0.005X+9.2(500g)$  であった。

##### (ヘ) 「全身投げ」の場合

Ball Velocity と肘関節角速度の相関係数は、それぞれ  $r=0.51(p<0.02, 50g)$ ,  $r=0.44(p<0.05, 250g)$ ,  $r=0.60(p<0.01, 500g)$  であり、回帰式は、 $Y=0.008X+11.0(50g)$ ,  $Y=0.066X+11.4(250g)$ ,  $Y=0.01X+3.9(500g)$  であった。

「手首投げ」の場合では、いずれの Ball Weight においても  $r=0.43\sim0.57$  であり、いずれも有意な相関 ( $p<0.05\sim0.01$ ) を示した。「肘投げ」の場合では、Ball Weight 50g のときのみ有意な相関 ( $r=0.06, p>0.05$ ) は認められなかった。Ball Weight 250g, 500g のときは、相関係数 0.6 以上 ( $p<0.01$ ) を示した。「手首・肘投

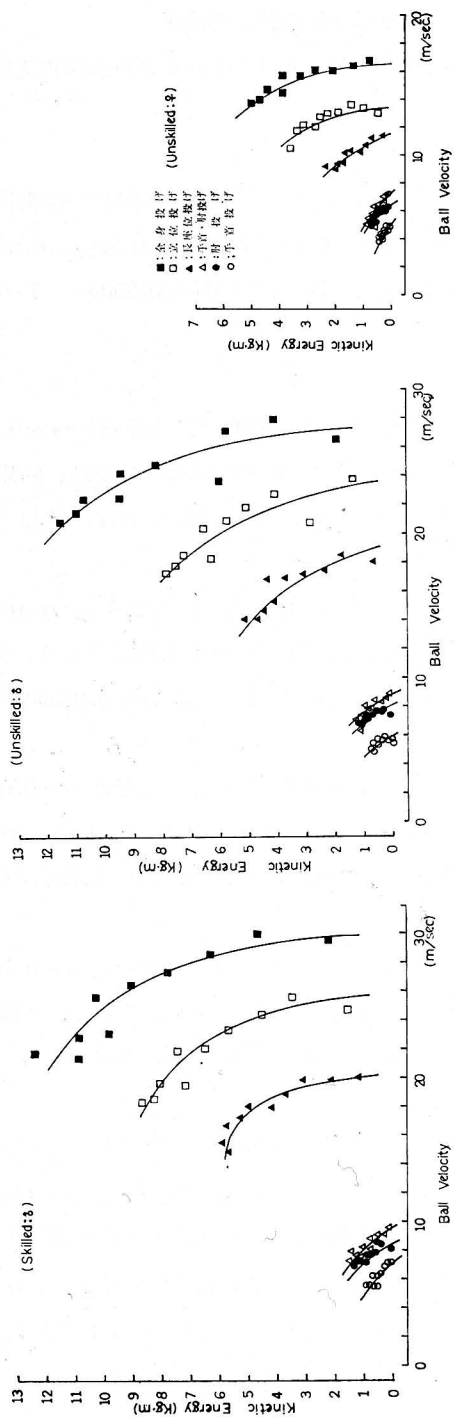


図8 Ball Velocity と Kinetic Energy の関係 (平均値)

#### 種々の投球動作における Ball Weight と Ball Velocity の関係

げ」の場合では、いずれの Ball Weight においても相関係数は  $0.37 \sim 0.48$  ( $p < 0.1 \sim 0.05$ ) の間にあった。「長座位投げ」、「立位投げ」、「全身投げ」の場合では、いずれの Ball Weight においても相関係数は  $0.44 \sim 0.79$  ( $p < 0.05 \sim 0.001$ ) の間であった。

#### 5 Kinetic Energy と Ball Velocity の関係

各種投球動作時の Kinetic Energy と Ball Velocity の関係は、図 8 に示すようである。

各対象群とも「手首投げ」、「肘投げ」、「手首・肘投げ」では、直線に近い関係が示され、投球動作による差はあまり見られなかった。しかし、「長座位投げ」、「立位投げ」、「全身投げ」の間で、Kinetic Energy は Ball Velocity の増加とともに急激に減少する傾向にあり、明らかに両者の間に曲線関係が認められ、投球動作による差は大きかった。特に、「手首・肘投げ」と「長座位投げ」との間に顕著な差が認められた。

### IV 考 察

Ball Velocity は、いずれの投球動作においても Ball Weight の増加について減少する傾向にあった。このことは、石井・中出<sup>1)</sup>さらに、豊島・宮下<sup>4)</sup>による報告と一致している。また、マリオン・R・ブローア<sup>5)</sup>は、放出の瞬間に手が速く動いていれば、それだけ投げられた物体は速く移動すると述べている。おそらく、Ball Weight が増加すると腕に対する負荷が大きくなり、放出の瞬間に速い腕の動きができなくなるために Ball Velocity が減少するものと考えられる。

次に、身体各部位の投球動作への参加の増大によって Ball Velocity が増加することについて、同じくマリオン・R・ブローア<sup>5)</sup>は、身体がタイミングよく連続して動くならこの動作に参加する身体の部分が多ければ多いだけ、より速いスピードが得られるとし、最大スピードを出すためにはそれぞれの部分が連続して動くことが重要であるとしている。さらに、身体各部位の関節を動かさないようにして、手首、肘だけで投球する実験結果から、上手投げの速度の約50%は身体の回転とスナップから出ていると報告している。

野球部員と一般男子では、「手首投げ」から「手首・肘投げ」までの Ball Velocity の差は小さいが、「長座位投げ」以降になるとその差は大きくなった。特に、両群とも「手首・肘投げ」と「長座位投げ」との間に大きな差異が認められた。このことは、「手首投げ」、「肘投げ」、「手首・肘投げ」では投球動作に参加した身体部位は腕のみであり、「長座位投げ」、「立位投げ」、「全身投げ」になると、腕の動作に加えて体幹、腰、下肢の動作が参加するために Ball Velocity の差が大きくなることを示唆

している。さらに、Ball Velocity は野球部員、一般男子、一般女子の順に大きな値を示していることから、一般に男子は女子より筋力及び形態的に優位であり、さらに身体各部位の効果的利用がなされているものと推察されるし、この傾向は野球部員において顕著である。

手首及び肘関節角速度は、いずれの投球動作においても Ball Weight の増加によって減少する傾向にあった。このことは、Ball Weight が増加すると腕に対する負荷が大きくなり、速い肘の伸展が困難になってくることを示唆している。また、身体各部位の投球動作への参加が多くなるにつれて肘関節角速度は増加傾向にあり、体幹、腰、下肢の連続した動きが最終的には腕の動きをより容易にしていると推測される。

「手首投げ」の手首関節角速度は、「肘投げ」、「手首・肘投げ」の肘関節角速度より大きかった。このことから、腕だけの投球動作（「手首投げ」、「肘投げ」、「手首・肘投げ」）では、手首のスナップが重要な要素といえる。また、各対象群とも Ball Weight が100～200 g のときに角速度が最大値を示している。これは、日常使い慣れている Ball Weight との関係が深いようである。

野球部員と一般男子では、「手首・肘投げ」から「長座位投げ」への移行時に著差が認められた。一般女子では、身体各部位の参加が増加しても肘関節角速度は増加を示さなかった。これらのことから男子は、身体各部位を効果的に使用したタイミングよい連続した投球動作を行い、女子では腕動作への依存度が大きい投球を行っているためと思われる。

種々の投球動作時における Kinetic Energy については、石井・中出<sup>1)</sup>の報告でボールが重ければ力が強く働き、軽ければ働く力も弱いとしている。本研究でも同様に、いずれの投球動作においても Ball Weight の増加とともに Kinetic Energy が増加した。すなわち、Ball Weight が増加するほど Kinetic Energy を多く必要としていることが推察される。

また、いずれの対象群においても身体部位の投球動作への参加が多くなるにつれて、Kinetic Energy は増加傾向を示した。マリオン・R・ブロー<sup>2)</sup>によれば、運動量は身体から投げられる物体に移り、手から物体は投げ出されるから、手が最大運動量をもった瞬間にボールが放出されれば最も速いボールを投げることができるとしている。これは、身体各部位のなめらかな連動によって運動量が蓄積されることを指摘するものであろう。

Ball Velocity と手首及び肘関節角速度の関係については、いずれの投球動作においても有意な相関がみられた。藤埴・竹内・竹村<sup>3)</sup>の報告では、Ball Velocity が増



## 種々の投球動作における Ball Weight と Ball Velocity の関係

すにつれて手首関節角速度は小さくなり、肘関節角速度が増加するとしており、本研究の結果と一致している。

Kinetic Energy と Ball Velocity の関係については、豊島・宮下<sup>4)</sup>の報告があり、それによると、Ball Velocity は筋収縮速度とみなすことができるとし、6歳と15歳児では Ball Velocity と Kinetic Energy の関係は直線的関係を示し、成人男子では曲線的関係を示すと報告している。さらに、両者の差異は、投球のスキルの差異であろうとしている。本研究でも、いずれの対象群も Ball Velocity と Kinetic Energy の関係は曲線的関係を示した。野球部員と一般男子を比較すると、前者の方が曲線傾向が顕著であり、一般女子が最も直線に近い傾向を示した。このことは、女子よりも男子の方が、男子では野球部員の方が投球動作におけるスキルが向上しているものといえる。

## V ま と め

本研究は、重量の異なる10種類のボールを種々の動作で投球させ、その際の Ball Weight と Ball Velocity の関係を調べた。その結果を要約すると以下のようである。

- (1) Ball Velocity は、いずれの投球動作においても Ball Weight の増加にともなって減少する傾向にあったが、投球動作に身体各部位の参加が増加するにつれて増大した。
- (2) いずれの投球動作においても、手首及び肘関節角速度の値は、個人差は大きいですが、Ball Weight が増加するにつれて手首、肘関節角速度は減少する傾向にあった。また、各対象群とも投球動作に身体各部位の参加が多くなるにつれて、肘関節角速度は増加傾向を示した。
- (3) Kinetic Energy は、いずれの投球動作においても Ball Weight が増加するにつれて増大する傾向にあり、各対象群とも身体各部位の参加が多くなるにつれて増加は顕著になった。
- (4) Ball Velocity と手首及び肘関節角速度の関係については、いずれの Ball Weight (50g, 250g, 500g) においても有意な相関がみられた。
- (5) Kinetic Energy は Ball Velocity が増加すると急激に減少し、両者の間には曲線的関係が認められた。

## 参 考 文 献

- 1) 石井喜八・中出盛雄：「投球動作にみられる power」身体運動の科学—1—、Human

- Power の研究、杏林書院、p. 111～127、1976.
- 2) 中出盛雄・相浦義郎・石井喜八：「投げのキネシオロジ的研究（ハンドボール投げのトレーニング効果）」日本体育学会第27回大会号、p. 527、1976.
  - 3) 鈴木久雄・石井喜八、他「投げの分析」日本体育学会第29回大会号、p. 323、1978.
  - 4) Shintaro Toyoshima and Mitsumasa Miyashita: 「FORCE-VELOCITY RELATION IN THROWING」The Research Quarterly, Vol. 44, No. 1, p. 85～94、1973.
  - 5) マリオン・R・ブローア・宮畑虎彦訳：「身体運動の力学」一投げる、捕える一、ベースボールマガジン社、p. 180～192、1964.
  - 6) 藤埴規明・竹内伸也・竹村和子：「ピッチングの動態分析」日本体育学会第25回大会号、p. 525、1974.
  - 7) 植屋清直：「筋出力・スピード・パワー発現の最大値からみた前腕屈曲動作の力学的特性に関する研究」、日本体育学会第27回大会号、p. 293、1976.
  - 8) 猪飼道夫：「身体運動の生理学」杏林書院、1973.
  - 9) 鈴木久雄・石井喜八・他：「人体エネルギー推定（ボール投げにおいて）」第33回日本体力医学大会抄録、p. 279、1978.
  - 10) 宮畑虎彦・小林一敏・他：「投の力学」スポーツ科学講座8・スポーツとキネシオロジ、大修館書店、p. 215～272、1976.
  - 11) 桜井隆志・金原勇・他：「POWER の基礎的研究」日本体育学会第23回大会号、p. 182、1973.
  - 12) 角田俊幸：「投げる動作の発達」体育の科学、Vol. 28, 5, p. 320～323、1978.
  - 13) 豊島進太郎・星川保・他：「Nonpreferred hand throwing」日本体育学会第26回大会号、p. 333、1975.
  - 14) 長谷川久子：「幼児のボール投げの研究」体育学研究、13-5, p. 146、1969.
  - 15) 浅見俊雄・石井喜八・宮下允正・他：「身体運動学概論」大修館書店、p. 226～249、1977.
  - 16) 山田久恒・北村潔和・豊島進太郎：「投能力における練習効果—女子の距離投げを中心に」日本体育学会第25回大会号、p. 526、1974.
  - 17) 山並義孝・星昭代・他：「投打における腰部の立体的な動きの検討」日本体育学会第25回大会号、p. 528、1974.
  - 18) 豊島進太郎・宮下允正・他：「投のパワーについて」日本体育学会第22回大会号、p. 240、1971.
  - 19) 中出盛雄・相浦義郎・石井喜八：「ハンドボール投げの解析」日本体育学会第22回大会号、p. 241、1971.
  - 20) 宮丸凱史・豊田直平・鯛谷隆：「幼児の基礎的運動技能における Motor Pattern の発達」—4—幼児のボール投げにおける Throwing Pattern. 日本体育学会第27回大会号、p. 285、1976.

（わたなべ たかし 本学保健体育 助手）

（さとう ゆきこ 大沢郷東小学校 教諭）

（おおやぶ よしを 本学保健体育 講師）

（たかはし くのを 本学保健体育 助教授）

（さとう のぶひろ 東海大学 助教授）