利き手投げと非利き手投げにおける投動作パターン および投距離の比較とその解析

今 泉 和 彦 立屋敷 かおる 滝 澤 裕 治
村 上 晴 久 直 原 幹

ANALYSIS OF COMPARISONS BETWEEN THE DOMINANT HAND AND THE NON-DOMINANT HAND IN OVERARM THROWING MOTIONS AND BALL-THROWING DISTANCE

KAZUHIKO IMAIZUMI, KAORU TACHIYASHIKI, YUJI TAKIZAWA,
HARUHISA MURAKAMI and KAN JIKIHARA

Abstract

The difference between the dominant hand and the non-dominant hand in overarm throwing motions and ball-throwing distances were studied in student women. The subjects were divided into a trained group and an untrained group. A switch thrower, categorized in the training group, was also examined. The throwing time, moving distance and mean velocity of the ball in the overall throwing phase, back-swing phase and acceleration phase were determined by a high-speed video analysis system. Seven empirical parameters estimated from the overall throwing motion were also introduced. These physical quantities and parameters were compared between the dominant and non-dominant hands. The ball-throwing distances in the trained and untrained groups were 2.58 and 1.73 times higher for the dominant hand than for the non-dominant hand, respectively. The difference in these values for both the hands of the switch thrower, however, were very small. The throwing time, moving time, and mean ball velocity in the back-swing phase in the trained group were 1.16, 1.65 and 1.35 times higher for the dominant hand than for the non-dominant hand, respectively. These phenomena were not observed in the untrained group and the switch thrower. The mean ball velocities in the acceleration phase for the trained and untrained groups were 2.0 and 1.5 times higher for the dominant hand than for the non-dominant hand, respectively. These values were more highly correlated with the ball-throwing distance in the trained group than in the untrained group. Significant correlations between seven parameters and ball-throwing distance were all observed for the dominant hand. However, only three of these parameters showed significant correlations for the non-dominant hand. These results show that the relationship between ball-throwing distance and throwing motion is closer for the dominant hand than for the non-dominant hand. In the present paper, possible roles of the dominant and non-dominant hands in the relationship between throwing motion and ball-throwing distance are also discussed.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 1997, 46: 161~178)

key words : overarm throwing motion, ball-throwing distance, dominant and non-dominant hands, laterality and ball-throwing, lateral control of overarm throwing.

I. は じ め に

ヒトの上肢の運動には、利き手と非利き手の存在が明らかに認められている¹⁾。その例は砲丸投げ、槍投げ、円盤投げ、ハンマー投げのような投擲種目、および野球、ソフトボール、バレーボー

ル、バスケットボール、ハンドボール、ラグビー等の球技種目にみられる^{2,3)}。さらに、字を書くとき、箸を使うとき、鋏を操作するとき等の日常動作にもみられる⁴⁾。これら上肢の運動や動作における片側優位の要因については遺伝または後天的環境あるいはその双方が指摘されているが、そ

の実体は明確にされていない点が多い⁵⁻⁷⁾。

一方, 各種のスポーツ等によって起こる骨折, 捻挫, 怪我および筋や腱等の各種傷害などにより, 利き手を使うことができない場合がしばしば生ずる。その場合には, 日常の動作や各種の運動を非利き手で行うことが多い。このようなことから, 非利き手による上肢の作業能や調節能, さらに非利き手によるトレーニングの効果と処方とを明確にすることは, 体力科学や運動生理学の立場からみてきわめて重要である。しかし, 投動作に対する利き手投げと非利き手投げとの差異, 利き手投げと非利き手投げによる投距離と投動作との関係および非利き手投げによる投のトレーニング効果とその処方については, まだ系統的に明らかにされていない。これらの問題を解明することは投動作の運動とその制御系を理解する上で不可欠であり^{8,9)}, 上肢の運動における片側優位の本態を明確にする上でも重要である¹⁰⁾。

そこで本研究では, 利き手投げと非利き手投げによる投動作のパターンと投距離との差を明確にするため, ボール投げの熟練者群と未熟練者群およびスイッチスローワー(SW)に分けて投距離と投動作を測定・解析した。それらのデータをもとにして, 片側優位に及ぼす投のトレーニング効果, 投動作の過程と投の習熟度との関係および投動作と投距離との関係等について検討した。

II. 実験方法

A. 被験者

本研究に賛同した健康な女子学生を被験者とした。熟練者群はソフトボール競技の選手(トレーニング期間=4~6年, $n=9$)とし, 未熟練者群はボール投げの経験がほとんどない者($n=6$)とした。熟練者に属するスイッチスローワー(SW)についても1名しらべた。

B. 握力, 背筋力および手掌面積の測定

被験者の左右の握力と背筋力は2回ずつ測定し, 平均値をもとめた。左右の手掌の面積は両手を電子複写機(RICOH (株)・FT 6950型)でコピーし, 秤量法(Shimadzu (株)・LIBROR EB-330型電子天秤)によって得た。

C. 投距離の測定

実験に先立ち, ストレッチ体操および徒手体操を実施した後, 利き手投げと非利き手投げによるキャッチボールを5分間行った。その後, 右手, 左手の順で投の練習を2回行った。

Fig. 1に示すように, 各被験者は半径1mのサークル内から投を行った。投はセットポジションに統一し, その状態から直ちに投を実施した。ボールは3号球ソフトボール(重量=190.2±1.7g($n=6$), mean±SD)を用いた。被験者には投球方向とその位置を示し, 出来る限り遠くへ投げるように指示した。実験は戸外(気温=25~30℃, 湿度=60~80%, 風速=0.5~1.5m/sec)で行った。

Fig. 1. Schematic drawing of the experimental set-up for measuring the ball-throwing distance and overarm throwing motion.

投条件はステップなしとありとした。ステップなしでは被験者の両足の間隔を最も投げやすい位置とし, その直後に投を開始した。その動作中は両方の足とも地面に接地させ, 投球時にうしろの軸足の先端が地面から離れないように指示した。投の順序は利き手投げのステップなし, ステップあり, 非利き手投げのステップなし, およびステップありとした。いずれも各2回測定し, その平均値を投距離とした。

D. 投動作の測定

投距離の測定と同時に投動作を撮影した。被験

者にはタンクトップと半ズボンを着用させた。投動作を解析するため、被験者の頭頂点には白いゴムで十字のラインを施した紺色の水泳帽を着用させ、被験者の左右肩峰点、左右橈骨点および左右茎突点に白色のテーピングを貼付した¹¹⁾。

投の動作は、20 m 側方から毎秒200コマで高速ビデオカメラ (NAC (株)・HVS-400型) により撮影した (Fig. 1)。カメラは地上から 1 m に固定した。距離の補正を行うため、自作した距離基準マーカー (長さ=1 m) をあらかじめ撮影した。また、投動作の時間を測定するため、タイムカウンター (1 刻み=5 msec) をフィルム上に記録した。

E. 投動作の解析

投動作の解析には、高速ビデオデータ解析システム (NAC (株)・SPORTIAS-200 AEH 型) および XY コーディネーター (NAC (株)・V 78 J 型) を用いた。この解析装置によって投動作の各座標を決定し、距離、角度および時間を算出した。

利き手投げと非利き手投げの投動作を解析するため、Fig. 2 に示すようなスティック図 (A) およびトレース図 (B) を作成した^{12~14)}。スティック図は高速ビデオデータ解析システムを用いて作成し、トレース図は高速ビデオデータ解析システムのモニター画像から得た静止画をトレース用紙に写して作成した。Fig. 2・C には、スティック図を重ねた投動作全体のボールの軌跡を示す。

投動作の過程は、動作全体 (Overall throwing)、準備動作 (Back-swing phase) および主動作 (Acceleration phase) に分けて解析した (Fig. 2・上段)¹⁵⁾。準備動作は、Fig. 2・下段に示すように、I ~ III の過程とした。主動作は IV ~ V の過程とした。また、ボールの軌跡における I ~ V の位置を Fig. 2・D に示す。

投動作全体、準備動作および主動作における投の所要時間 (Throwing time)、ボールの移動距離 (Moving distance of ball) およびボールの平均移

Fig. 2. Typical patterns of overall overarm throwing motion viewed from the side.

A: stick pictures, B: trace pictures, C: typical pattern of stick picture for overall overarm ball-throwing motion (time interval = about 100 ms). D: typical locus of the overall overarm ball-throwing motion. I: start of throwing, II: backward point in the back-swing phase, III: point at which trunk turns to the forward position, IV: initial point of ball acceleration in a forward direction, and V: ball release point. Back-swing phase (I to III) and acceleration phase (IV to V).

動速度 (Mean ball velocity) を算出し, これらの値を利き手投げと非利き手投げとの間で比較・解析した。

F. 投動作パラメータの解析

利き手投げと非利き手投げによる投動作を定量的に解析するため, つぎの7種類の投動作パラメータを用いた (Fig. 3)¹⁶⁻¹⁸⁾: a) 準備動作中の体幹の最大後傾角度, b) 準備動作中のボールを持たない反対側の上腕と体幹との角度, c) リリース期における前脚の膝の屈曲角度, d) リリース期における後脚の膝の屈曲角度, e) リリース期における頭部の後傾角度, f) リリース期における体幹の前傾角度, g) リリース期におけるボールの初速度。

G. 統計解析

SW のデータを除き, 結果は mean $\pm$ SE で表示した。各種データに対する平均値の差の検定には, ANOVA test または Student's paired *t*-test を用いた。

Ⅲ. 結 果

A. 各群の身体特性, 握力および背筋力

Table 1 に示すように, 熟練者群と未熟練者群

Fig. 3. Schematic illustrations of parameters used for analyzing overall overarm throwing motion.

a: maximal hinder-inclination angle of trunk, b: angle between trunk and ball-free upper arm, c: maximal knee-flexion angle of supporting leg, d: maximal knee-flexion angle of non-supporting leg, e: maximal hinder-inclination angle of head, f: maximal forward-inclination angle of trunk, and g: initial velocity of ball at release point.

の年齢, 身長および体重はほぼ同じであった。前腕と上腕の各周囲長は熟練者群が未熟練者群のそれぞれ1.08倍, 1.18倍であった。手掌の面積は熟練者群が未熟練者より約5%大きかった。

握力は二群間で有意差がみられなかったが, 背筋力は熟練者群が未熟練者群の1.35倍であった。

Table 1. Profiles of the age, physiques, back strength, grip strength and playing careers in two groups and a switch thrower.

Characteristics	Trained (n=9)		Untrained (n=6)		SW (n=1)	
	Dom.	Non-Dom.	Dom.	Non-Dom.	Dom.	Non-Dom.
Age (years)	20.0 $\pm$ 0.3		20.5 $\pm$ 0.3		19.9	
Body height (cm)	160.7 $\pm$ 1.7		162.2 $\pm$ 2.0		154.0	
Body weight (kg)	57.7 $\pm$ 1.5		53.9 $\pm$ 1.8		52.0	
Wrst (cm)	15.9 $\pm$ 0.3	15.9 $\pm$ 0.2	15.4 $\pm$ 0.2	15.2 $\pm$ 0.3	15.0	15.0
Fore-arm (cm)	24.5 $\pm$ 0.4	24.0 $\pm$ 0.4	22.8 $\pm$ 0.4 ^{a)}	22.2 $\pm$ 0.3 [†]	24.1	23.5
Upper-arm (cm)	28.5 $\pm$ 0.6	28.3 $\pm$ 0.5	24.1 $\pm$ 0.3 ^{★★★c)}	24.3 $\pm$ 0.5 ^{†††}	27.4	26.9
Surface palm area (cm ²)	126.3 $\pm$ 2.3	125.7 $\pm$ 2.3	121.0 $\pm$ 1.2	117.9 $\pm$ 0.4 [†]	128.0	133.3
Back strength (kg)	106.8 $\pm$ 5.1 ^{★★}		79.3 $\pm$ 4.3		139.0	
Grip strength (kg)	31.9 $\pm$ 0.9	29.1 $\pm$ 1.3	31.4 $\pm$ 0.2	28.0 $\pm$ 0.7	33.3	34.3
Playing careers (years)	4.9 $\pm$ 0.7		—		6.3	

Values: means $\pm$ SE. Dom.: dominant hand side and Non-Dom.: non-dominant hand side. SW is a switch thrower (Y. I., categorized in the trained group). ^{★★}: *p*<0.01 (vs. untrained group). ^{a)}: *p*<0.05 and ^{c)}: *p*<0.001 (vs. dominant hand side of the trained group). [†]: *p*<0.05 and ^{†††}: *p*<0.001 (vs. non-dominant hand side of the trained group).

スイッチスローワー (SW) の背筋力は両群より 1.30~1.76倍大きく、右手と左手の握力についても両群よりそれぞれ約 5 %, 約 20% 大きかった。SW の場合、右手の手掌面積は両群より 1~6 % 大きく、左手の値では両群に比べて 6~13% 大きかった。SW の左右の前腕周囲長は熟練者群の各値と大差はなかったが、未熟練者群の値より約 6 % 大きかった。また、SW の左右の上腕周囲長は熟練者群の各値より約 5 % 小さく、未熟練者群の値より 11~14% 高かった。SW の身長と体重は両群の 0.95~0.96倍であった。

B. 投距離の利き手投げと非利き手投げの比較

ステップなしの条件で得られた熟練者群、未熟練者群および SW における利き手投げと非利き手投げの投距離を Fig. 4 に示す。Fig. 4・I に示すように、熟練者群 (A) と熟練者群 (B) の投距離は、利き手投げが非利き手投げのそれぞれ 2.58倍、

1.73倍であった。SW の投距離は利き手投げが非利き手投げの 1.12倍であり、利き手投げと非利き手投げの比が両群より著しく小さかった。非利き手投げに対する利き手投げの比は、熟練者群>未熟練者群>SW の順であった。

投距離はステップの有無に関係なく、いずれの群とも利き手投げ>非利き手投げの関係が成立した。また、Fig. 4・II・A に示すように、ステップなしの条件で得られた利き手投げの投距離は、熟練者群および SW が未熟練者群のそれぞれ 1.97倍、2.12倍であった。非利き手投げの投距離については、熟練者群が未熟練者群の 1.32倍であり両群間の差が小さかったが、SW の値は未熟練者のその 3.28倍であった (Fig. 4・II・B)。

ステップありの条件下で得られた利き手投げと非利き手投げの投距離は、熟練者群でそれぞれ 31.6 ± 1.6 m, 12.9 ± 0.5 m, 未熟練者でそれぞれ

Fig. 4. Ball-throwing distances obtained under conditions without step.

I: comparison between ND (non-dominant hand side) and D (dominant hand side), A: trained group and B: untrained group. Values: means ± SE. **: $p < 0.01$ and ***: $p < 0.001$ (vs. non-dominant hand side). Data for non-dominant hand are shown in parentheses as a standard ratio. II: comparison among the untrained group, trained group and SW (a switch thrower, Y. I.). A: dominant hand side and B: non-dominant hand side. Values: means ± SE and means (for SW). ***: $p < 0.001$ (vs. untrained group). Data for untrained group are shown in parentheses as a standard ratio.

Table 2. The throwing time, moving distance and mean velocity of ball in the overall throwing phase, back-swing phase and acceleration phase estimated from overarm dominant hand throwing and non-dominant hand throwing.

	Trained (n=9)		Untrained (n=6)		SW (n=1)	
	Dom.	Non-Dom.	Dom.	Non-Dom.	Dom.	Non-Dom.
Throwing time (sec)						
Overall throwing	0.91±0.04	0.87±0.04	0.92±0.04	0.99±0.04 [†]	0.81	0.76
Back-swing phase	0.84±0.06 [★]	0.71±0.03	0.79±0.04	0.76±0.04	0.74	0.69
Acceleration phase	0.08±0.01 ^{★★★}	0.17±0.01	0.13±0.01 ^{★★c)}	0.23±0.02 ^{†††}	0.07	0.08
Moving distance (cm)						
Overall throwing	282±17 ^{★★★}	212±13	236±28	209±9	328	263
Back-swing phase	191±16 ^{★★}	116±13	141±28	98±4	240	193
Acceleration phase	91±3	96±3	95±5	110±6 [†]	88	70
Mean ball velocity (m/sec)						
Overall throwing	3.1±0.3	2.5±0.2	2.6±0.2	2.1±0.1	4.0	3.5
Back-swing phase	2.3±0.3 ^{★★}	1.7±0.2	1.8±0.3	1.3±0.1	3.2	2.8
Acceleration phase	11.4±0.5 ^{★★★}	5.7±0.2	7.4±0.4 ^{★★★c)}	4.9±0.2 ^{††}	12.5	8.8

Conditions: overarm throwing without step. Values: means±SE. SW: a switch thrower (Y. I.). Dom.: dominant hand side and Non-Dom.: non-dominant hand side. ★: $p<0.05$, ★★: $p<0.01$ and ★★★: $p<0.001$ (vs. non-dominant hand side). c): $p<0.001$ (vs. dominant hand side of the trained group). †: $p<0.05$, ††: $p<0.01$ and †††: $p<0.001$ (vs. non-dominant hand side of the trained group).

17.6±0.9 m, 9.7±0.5 m, SW でそれぞれ 44.4 m, 31.5 m であった。

C. 投動作過程の利き手投げと非利き手投げの比較

ステップなしの条件で得られた熟練者群, 未熟練者群および SW における投動作の所要時間, ボールの移動距離およびボールの平均速度を Table 2 に示す。

1. 投動作の所要時間

投動作全体の所要時間 (Table 2) は利き手投げの場合には両群ともほぼ同じであったが, 非利き手投げでは熟練者群が未熟練者群の 0.89 倍であった。SW の投動作全体の所要時間は利き手投げで両群の 0.88~0.89 倍, 非利き手投げで両群の 0.77~0.87 倍であった。準備動作の所要時間は熟練者群で利き手投げが非利き手投げの 1.18 倍と有意に大きかったが, 未熟練者群では利き手投げと非利き手投げとの間に有意な差が認められなかった。

熟練者群と未熟練者群における利き手投げの主動作の所要時間は非利き手投げの値のそれぞれ

0.47 倍, 0.57 倍であり, 準備動作の所要時間のそれぞれ 1/11, 1/7 であった。熟練者群の利き手投げにおける主動作の所要時間は未熟練者群の値の 0.62 倍であった。SW の利き手投げと非利き手投げにおける主動作の所要時間は, 熟練者群の利き手投げと非利き手投げのそれぞれ 0.88 倍, 0.47 倍であった。

2. ボールの移動距離

熟練者群における動作全体および準備動作の移動距離 (Table 2) は, 利き手投げが非利き手投げの値のそれぞれ 1.33 倍, 1.65 倍であった。しかし, 主動作のボールの移動距離は利き手投げと非利き手投げの間で有意差がみられなかった。未熟練者群のボールの移動距離および準備動作の移動距離は利き手投げが非利き手投げのそれぞれ 1.13 倍, 1.44 倍であったが, 有意差は認められなかった。また, 主動作のボール移動距離は利き手投げが非利き手投げの 0.86 倍であったが, 有意差はなかった。

準備動作中のボールの移動距離は, 利き手投げ

の場合で SW (1.70) > 熟練者群 (1.36) > 未熟練者群 (1.0) の順であった(カッコ内の値=相対比)。非利き手投げの値は熟練者群と未熟練者群との間で有意な差がみられなかったが、SW の値は未熟練者群のそれの約2.0倍であった。

主動作におけるボールの移動距離は三群ともに利き手投げで大きな差はなかったが、非利き手投げでは未熟練者群 (1.0) > 熟練者群 (0.87) > SW (0.63) の順であった。

3. ボールの平均速度

動作全体のボールの平均速度と準備動作のボールの平均速度 (Table 2) は、両群とも利き手投げが非利き手投げのそれぞれ1.24倍、1.35倍であった。

主動作におけるボールの平均移動速度 (Table 2) は、両群ともに利き手投げが非利き手投げより明らかに高かった。その程度を非利き手投げに対する利き手投げの比から求めると、未熟練者群で約1.5倍、熟練者群で約2.0倍、SW で約1.4倍であった。また、この速度は利き手投げでは熟練者群または SW が未熟練者群の1.54~1.69倍であった。しかし、非利き手投げの値では未熟練者群と熟練者群との間に大きな差はなかったが、SW では未熟練者群の約1.8倍であった。

D. 投動作に対する利き手投げと非利き手投げの比較

利き手投げと非利き手投げの投動作を群間で比較するため、それらの典型的なトレース図を作成した。それらの類型パターンを Fig. 5 と Fig. 6 に示す。

1. 利き手投げの投動作パターン

Fig. 5 に熟練者群(I)、未熟練者群(II)および SW (III)の利き手投げのトレース図を示す。Fig. 5・A には準備動作時のうちボールが最も後方に達したときの結果を示す。

その投動作パターンは熟練者群(I)と SW (III)がほぼ同じであった。その特徴は、1) 投球側の手がほぼ一直線上にのびていること、2) それに伴って反対側の手も投球方向に対して前斜め上方にのびて重心を後方に移動していること、3) ボールを持たない反対側は上肢と下肢ともに伸展

Fig. 5. Typical patterns of overarm dominant hand throwing motions.

I: trained group (subj.: M. T.), II: untrained group (subj.: M. S.) and III: switch thrower (Y. I.). A: the backward point in the back-swing phase, B: release point of ball, C: throwing locus of ball, and D: ball-throwing distance. Arrow mark indicates ball direction.

していること、4) 投球側の膝がやや屈曲していること、であった。

一方、未熟練者群(II)の投動作パターンは、熟練者(I)と SW (III)のそれらとは著しく異なっていた。それらの特徴は、1) 投球側の手が屈曲した状態を呈していること、2) 反対側の手が斜め上前方にのびないこと、3) 重心がより後方にシフトしていないこと、4) 両足が屈曲して凹脚となっていること、であった。

Fig. 5・B に示すように、熟練者群(I)と SW (III)のボールのリリース期では、1) 頭部が後方に強く傾斜していること、2) ボールを持った側の後脚の膝が屈曲していること、3) 重心が反対側の前脚部に移動していること、4) ボールを持たない反対側の手が前方向にあること、5) 上体は反る傾向にあること、等の特徴がみられた。それに対し、未熟練者群(II)では、1) 頭部の後方

への傾斜が緩やかであること, 2) 体幹が後方にシフトしていること, 3) 両足の膝がのびていること, 4) 重心が高くて後方にあること, 5) 足のスタンスが比較的短いこと, 等の特徴がみられた。

Fig. 5・C に示すように, ボールの移動軌跡は, 熟練者群(I)とSW(Ⅲ)が類似していた。それらの特徴は, 1) 準備動作の軌跡が大きいこと, 2) 準備動作におけるボールの移動方向が下方を經由する点である。これらの特徴は未熟練者群(Ⅱ)では全く認められなかった。すなわち, 未熟練者では, 1) 準備動作中のボールの移動軌跡がきわめて小さいこと, 2) 準備動作におけるボールの移動方向はうしろにやや上方に向かってほぼ平行移動していること, に特徴がみられた。主動作の軌跡パターンについては三群ともほぼ類似していた。

熟練者群(I)とSW(Ⅲ)の投距離は, Fig. 5・D に示すように, 未熟練者群のその約2.5~2.6倍であった。

2. 非利き手投げにおける投動作

熟練者群(I), 未熟練者群(Ⅱ)およびSW(Ⅲ)の非利き手投げのトレース図を Fig. 6 に示す。Fig. 6・A には投球方向に対してボールが最も後方に位置した時期のトレース図が示されている。熟練者群(I)と未熟練者群(Ⅱ)では, 1) 投球側の腕が屈曲した状態を呈していること, 2) 反対側の腕が前方に伸びないこと, 3) 体幹が後方に十分シフトしないこと, 4) ボールを持たない反対側の下肢の膝が延びていること, に特徴がみられた。これらの投動作パターンは, 未熟練者群(Ⅱ)の利き手投げのそれと定性的に同じであった(Fig. 5・A)。SW(Ⅲ)の投動作は利き手投げとはほぼ同じであった。

Fig. 6・B にはボールのリリース期を示す。熟練者群(I)の非利き手投げは, 1) 頭部の後方への傾斜角度が小さいこと, 2) 体幹が反らずに前方へ出ていること, 3) 腰部が頭部より後方に残っていること, 4) ボールの離れる位置が身体の比較的前方にあること, 5) ボールを持った手と反対側の膝の屈曲角度が小さいこと, 6) ボールを持った手と同じ側の膝の屈曲がほとんどみら

Fig. 6. Typical patterns of overarm non-dominant hand throwing motions.

I: trained group (subj.: M. T.), II: untrained group (subj.: M. S.) and III: switch thrower (Y. I.). A to D and arrow are as in Fig. 5.

れないこと, 7) 投球動作がプッシュ型(砲丸投げ)の動作に近いこと, 等に特徴がみられた。これらの投動作パターンの特徴は, 未熟練者群(Ⅱ)の場合でも認められた(Fig. 6・B)。それに対し, SW(Ⅲ)のリリース期の投動作パターン(Fig. 6・Ⅲ・B)は利き手投げのそれ(Fig. 5・Ⅲ・B)とはほぼ同じであった。

Fig. 6・C に示すように, 熟練者群(I)におけるボールの軌跡パターンは利き手投げのそれとは明らかに異なり, 準備動作の開始から終了までボールの下降が全くみられなかった。この現象は未熟練者群(Ⅱ)の場合でも定性的にほぼ一致していた。

E. 投動作パラメータの利き手投げと非利き手投げの比較

ステップなしの条件で得られた熟練者群, 未熟練者群およびSW における準備動作とリリース期の投動作パターンを Table 3 に示す。

Table 3. Seven parameters estimated from overarm dominant hand throwing and non-dominant hand throwing.

Parameters	Trained (n = 9)		Untrained (n = 6)		SW (n = 1)	
	Dom.	Non-Dom.	Dom.	Non-Dom.	Dom.	Non-Dom.
a (deg)	19.1±1.2 ^{★★★}	8.2±1.2	15.1±1.4 ^{★★★}	9.4±1.8	24.4	19.1
b (deg)	79.8±3.0 ^{★★★}	21.0±3.0	48.3±6.4 ^{★★^{c)}}	19.7±1.9	89.3	90.8
c (deg)	152.0±3.2 ^{★★★}	176.0±3.2	171.0±2.4 ^{c)}	175.8±1.3	159.8	148.3
d (deg)	145.2±3.4 [★]	160.0±2.7	161.8±2.0 ^{★★^{b)}}	171.6±0.8 ^{††}	142.0	136.7
e (deg)	41.6±5.8 ^{★★★}	15.4±3.4	34.5±5.2 ^{★★}	14.0±3.8	85.0	67.0
f (deg)	5.8±2.6 [★]	11.4±2.1	8.5±2.4	10.2±2.7	2.5	8.6
g (m/sec)	19.3±0.5 ^{★★★}	10.8±0.4	13.0±0.4 ^{★★★^{c)}}	8.2±0.3 ^{†††}	18.8	17.1

Conditions : overarm throwing without step. Values : means ± SE. Dom. : dominant hand side and Non-Dom. : non-dominant hand side. ★ : $p < 0.05$, ★★ : $p < 0.01$ and ★★★ : $p < 0.001$ (vs. non-dominant hand side). ^{b)} : $p < 0.01$ and ^{c)} : $p < 0.001$ (vs. dominant hand side of the trained group). ^{††} : $p < 0.01$ and ^{†††} : $p < 0.001$ (vs. non-dominant hand side of the trained group). Parameters, a to g are as in Fig. 3.

1. 準備動作

1) 体幹の最大後傾角度

準備動作における体幹の最大後傾角度 (Table 3・a) は、未熟練者群、熟練者群および SW ともに利き手投げが非利き手投げのそれぞれ2.33倍、1.61倍、1.28倍であった。利き手投げでは、この値の大きさが SW (1.62) > 熟練者群 (1.26) > 未熟練者群 (1.0) の順であった。非利き手投げの値は熟練者群と未熟練者群との間に有意な差が認められず、SW の値は他の群の約2倍であった。

2) ボールを持たない反対側の上腕と体幹との角度

この値 (Table 3・b) は、熟練者群と未熟練者群ともに利き手投げが非利き手投げのそれぞれ3.80倍、2.45倍であったが、SW では投げる手に関係せずほぼ同じであった。利き手投げの場合、この値は熟練者群と SW が未熟練者群のそれぞれ1.65倍、1.85倍であった。非利き手投げの場合、この値には熟練者群と未熟練者群との間に有意な差がみられず、SW の値は未熟練者群の約4.6倍と著しく大きかった。

2. リリース期

1) 前脚の膝の屈曲角度

前脚の膝の屈曲角度 (Table 3・c) は、熟練者群では利き手投げが非利き手投げの0.86倍であり、

屈曲度がより大きかった。未熟練者群の値は利き手投げと非利き手投げとの間に有意な差がみられなかった。また、利き手投げの場合、前脚の膝の屈曲角度は熟練者群が未熟練者群の0.89倍であり、熟練者群の屈曲角度が有意に大きかった。また、SW の値も未熟練者のその0.93倍であり、同様の現象が認められた。非利き手投げの場合、この値は熟練者群と未熟練者群との間で大きな差はみられず、SW が両群より約15%小さく、屈曲角度がより大きかった。

2) 後脚の膝の屈曲角度

この値 (Table 3・d) は、利き手投げの場合、熟練者群と SW が未熟練者群のそれぞれ0.86倍、0.91倍であり、屈曲角度がより大きかった。また、利き手投げの場合、後脚の膝の屈曲角度は、SW (1.13) > 熟練者群 (1.11) > 未熟練者群 (1.0) の順であった。非利き手投げの値は SW と熟練者群が未熟練者群のそれぞれ0.80倍、0.93倍であり、SW と熟練者群の屈曲角度が相対的に大きかった。

3) 頭部の後傾角度

この値 (Table 3・e) は、熟練者群、未熟練者群および SW において利き手投げが非利き手投げのそれぞれ2.70倍、2.46倍、1.27倍であった。利き手投げの場合、頭部の後傾角度は熟練者群と SW が熟練者群のそれぞれ1.21倍と2.46倍であっ

た. 非利き手投げの場合には, 頭部の後傾角度は熟練者群と未熟練者群との間に有意な差が認められなかった. これらの値は SW の値の0.21~0.23倍であり, 著しく小さかった.

4) 体幹の前傾角度

利き手投げの場合, 体幹の前傾角度 (Table 3・f) は, 熟練者群, 未熟練者群および SW で利き手投げが非利き手投げのそれぞれ0.52倍, 0.83倍, 0.29倍であった. したがって, 利き手投げの体幹の前傾角度は未熟練者群が他の群より著しく大きかった. 非利き手投げの場合, この値は熟練者群と未熟練者群との間に有意な差がなかったが, SW の値は両群の0.75~0.84倍であった.

5) ボールの初速度

ボールの初速度 (Table 3・g) は, 未熟練者群, 熟練者群ともに利き手投げが非利き手投げのそれぞれ1.79倍, 1.59倍であったが, SW では利き手投げと非利き手投げとの差がほとんど認められなかった. また, 利き手投げの値は熟練者群または SW が未熟練者群の値のそれぞれ1.49, 1.45倍であった. 非利き手投げの場合, ボールの初速度は熟練者群が未熟練者群の1.32倍であったが, SW の値は熟練者群の1.58倍, 未熟練者群の2.09倍と

著しく大きかった.

F. 投距離と投動作パラメータまたは投動作過程との関係

1. 投距離とリリース期におけるボールの平均移動速度との関係

利き手投げでは, Fig. 7・左側に示すように, 投距離と主動作におけるボールの平均移動速度との間に高い正の相関 ($r=0.86$, $p<0.001$) が認められた. また, Fig. 7・右側に示すように, 非利き手投げでも高くはないが, 正の相関関係がみられた ($r=0.56$, $p<0.001$).

2. 投距離と準備動作中のボールの移動距離との関係

図示しないが, 利き手投げと非利き手投げの投距離と準備動作中のボールの移動距離との間には, 正の相関 (それぞれ $r=0.56$, $r=0.52$, いずれも $p<0.01$) があった.

3. 投距離とボールを持たない反対側の上腕と体幹との角度または準備動作中の体幹の最大後傾角度との関係

Fig. 8・左側に示すように, 利き手投げの投距離は, 準備動作におけるボールを持たない反対側の上腕と体幹との角度 (A) または体幹の最大傾斜

Fig. 7. Relationship between ball-throwing distance and mean ball velocity in the acceleration phase.

○: trained group (first throwing data), □: trained group (second throwing data), ●: untrained group (first throwing data), ■: untrained group (second throwing data). Each line was simulated by the first regression function.

Fig. 8. Relationship between ball-throwing distance and angle between trunk and ball-free upper arm (A) or maximal hinder-inclination angle of trunk (B).

○:trained group (first throwing data), □:trained group (second throwing data), ●:un-trained group (first throwing data), ■:untrained group (second throwing data). Regression lines are as in Fig. 7.

角度(B)との間に正の相関(それぞれ $r=0.82$, $r=0.61$, いずれも $p<0.001$)が認められた。しかし、このような正の相関は非利き手投げではみられなかった(Fig. 8・右側)。

4. 投距離とリリース期における前脚の膝の屈曲角度または後脚の膝の屈曲角度との関係

利き手投げの投距離は、Fig. 9・左側に示すように、リリース期における前脚の膝の屈曲角度(A)または後脚の膝の屈曲角度(B)との間に高い負の相関(それぞれ $r=-0.84$, $r=-0.71$, いずれも $p<0.001$)が認められた。しかし、非利き手投げの投距離はリリース期における前脚の膝の屈曲角度(A)との間に相関が認められなかったが、

後脚の膝の屈曲角度(B)の間には負の相関($r=-0.64$, $p<0.001$)がみられた(Fig. 9・右側)。

IV. 考 察

本研究の目的は、利き手投げと非利き手投げにおける投距離と投動作特性との関係を明確にすることである。そのため、熟練者群、未熟練者群およびスイッチスローワー(SW)に分けて定量的にしらべた。利き手投げと非利き手投げにおける投距離と各種の投動作特性との関係についても比較・検討した。

A. 被験者の選定基準

本研究を遂行するために不可欠な被験者の選定基準は、1) 熟練者群および未熟練者群ともに同

Fig. 9 Relationship between ball-throwing distance and maximal knee-flexion angle of supporting leg (A) or knee-flexion angle of non-supporting leg (B).

○: trained group (first throwing data), □: trained group (second throwing data), ●: untrained group (first throwing data), ■: untrained group (second throwing data). Regression lines are as in Fig. 7.

性であること, 2) 同年齢, 3) 体格および体力が群間でほぼ揃っていることである。さらに, 未熟練者群の場合には, 1) 球技以外のスポーツ種目の経験年数が熟練者群の球技のそれとほぼ等しいこと, および 2) 正課体育実技以外の球技(特に野球・ソフトボール等)経験をほとんど有さないことである。これらの選定基準を満たした被験者は女子で6名見い出されたが, 男子では見い出すことができなかった。そのため, 本研究ではすべての被験者を女子とした。熟練者群と未熟練者群とも全被験者は利き手が右側であった。また, 予備調査により熟練者に属するSWを1名見いだすことができた。この被験者は約10年前からSWであり, 小学校以来利き手は右側であった。

B. 投動作および投距離に対する利き手投げと非利き手投げの差

本研究で明確となったことは, 1) 熟練者群と未熟練者群の投距離ともに利き手投げが非利き手投げより明らかに大きいこと, また, 2) 利き手投げによる投距離は熟練者群が未熟練者群より大きい, 非利き手投げの投距離は熟練者群と未熟練者群との間に大きな差がないこと, すなわち投のトレーニングによる片側優位の増強が示唆されること, 3) SWでは利き手投げと非利き手投げによる投距離の差がきわめて小さいことである (Fig. 4)。

本研究の特徴は, 熟練者群, 未熟練者群およびSWにおける投動作過程を投動作の所要時間,

ボールの移動距離およびボールの平均速度を利き手投げと非利き手投げで定量的に比較した点にある (Table 2). また, 各群の投動作パラメータを利き手投げと非利き手投げで相互に比較した点にも特徴がある (Fig. 5, Fig. 6).

本研究においては, 投距離と投動作パラメータとの間の相関関係が利き手投げにおいて高く認められ, 非利き手投げでは低いことを示した (Table 3, Figs. 7~9). すなわち, 投距離 ($\equiv$ Performance) と神経・筋協応能を反映している投動作 ($\equiv$ Skill) との関係が利き手投げと非利き手投げとの間で定量的に比較した結果, 利き手投げによって得られた投距離は, 用いた 7 種類のすべての投動作パラメータとの間に有意な相関関係がみられた (Figs. 7~9). しかし, 非利き手投げの投距離では, 投距離との間に 3 種類のパラメータとの間に有意な相関関係があるのみであった (Figs. 7~9). このことは, 利き手投げでは投距離と投動作とがより密接な因果関係をもつこと, 非利き手投げではこの関係が必ずしも十分ではなく, Skill を変動させる要因があることを示唆している. この要因は, 後述するように, Skill を制御している脳における運動プログラミング系とそのフィードバック系の過程である可能性が高い^{19~23)}.

従来, ボールの投距離はリリース期のボールの初速度とほぼ比例することが示されている^{3, 6, 12, 13, 24, 25)}. この関係を本研究においても詳細に検討した結果, 両者の間に良好な対応関係があることを確認した. 利き手投げによる投距離は, 主動作におけるボールの平均移動速度との間に高い正の相関関係が認められた (Fig. 7).

本研究では, SW の利き手投げと非利き手投げの投動作がほぼ類似したパターンを示すことを明確にした (Fig. 5, Fig. 6). 一方, 神経・筋協応能を直接反映している投動作には, SW の利き手投げと非利き手投げとの間で異なる点も認められた. すなわち, ステップなしの非利き手投げによる投動作の特徴は, 1) 準備動作中のバックスイングが深くて狭い動作を行うこと, 2) 身体の重心を前方に傾けるようにして投球することが明らかに認められた点である (Fig. 6). これらの動作

は利き手投げの場合には認められない (Fig. 5). そのため, この動作では投に比較的習熟した被験者の非利き手投げによる投動作の制御形態を反映しているのかもしれない. したがって, SW における利き手投げと非利き手投げによる投動作の制御系は, すべての動作が全く同一でないものと推定できる.

C. 投動作における準備動作の役割

一般に, 投動作における準備動作の役割は, 主動作の過程においてボールを加速させることにあ^{24~26)}. そのためには投げ手側の肩を後方に引き, 体幹の捻りを形成することが不可欠な要素とされている^{24, 26, 27)}. また, 投距離をより大きくするためには, 主動作に入る前に大きな準備動作を行なうことによってより大きな運動エネルギーを獲得し, その運動エネルギーを主動作時においてボールの移動速度を高めるために使うことであるとされている²⁶⁾. 事実, 本研究でも熟練者群の利き手投げや SW の利き手投げまたは非利き手投げでは, 準備動作中のボールの移動距離が未熟練者群や熟練者群の非利き手投げの値より明らかに大きかった (Table 2). それに伴ない, 準備動作の開始時には肩を後方に引くと同時に前脚と後脚の膝の屈曲度を高めることによって, 身体の重心を低くする動作も明らかに認められた (Table 2, Fig. 8, Fig. 9). そのため, 熟練者群の利き手投げや SW の利き手投げ・非利き手投げともに, 準備動作のボールの軌跡がほぼ円弧状を呈していた (Fig. 5, Fig. 6).

それに対し, 投動作に習熟していないケース (熟練者群の非利き手投げ, 未熟練者群の利き手投げ・非利き手投げ) では, 準備動作のボールの軌跡は円弧を描かずほぼ水平に移動しているだけであった (Fig. 5, Fig. 6). これらのケースでは,

- 1) 投の開始時に膝が十分に屈曲していないこと,
- 2) ボールを下から上に振り上げないこと,
- 3) 体幹を後方に移動させないこと等の明確な特徴が認められた (Fig. 8, Fig. 9). そのため, これらの場合, 身体の重心が十分後方に移動せず, 重心が比較的高い状態に保たれているものと推測できる. また, 下肢からの位置エネルギーを全身

エネルギーとして腰から上肢へと放出することが不十分となるため、準備動作から主動作へと移行するエネルギーが相対的に少なくなり、その結果として主動作のスピードがより低くなるものと推定される。この推定はこれらのケースでは主動作のボールの平均移動速度が相対的に低値を示すことから支持されよう (Table 2, Fig. 7)。

一方、投動作を行なうための運動エネルギーまたは位置エネルギーは準備動作において下肢に蓄えられることが知られている²⁶⁾。しかし、未熟練者群ではこのエネルギーを獲得する程度が比較的少ないので (Table 2)、主動作におけるボールの移動速度が小さくなる可能性が高いものと判断できる。また、投動作は下肢、腰、胴体、上肢(肩→肘→手)の順に動くと考えられている²⁶⁾。そのため、主動作のボールの移動速度が未熟練者群で小さいのは、下肢部の神経系の制御が十分に作動しない

ためと推定できる。したがって、未熟練者群ではこの準備動作を改善することによって主動作におけるボールの平均移動速度を高めることが投距離を向上させる上で重要な因子と推定できる。

D. 投動作、ボールの移動軌跡および投距離の類型化

本研究の結果より、投距離と各種の投動作パターンから類型化を行うと少なくとも2つのタイプ (I型とII型) に分類できる。Fig. 10に示すように、I型は未熟練者群の利き手投げと非利き手投げおよび熟練者群の非利き手投げが該当し、II型は熟練者群の利き手投げ、SWの利き手投げと非利き手投げが該当する。

I型の特徴 (Fig. 10・左側) はつぎのように要約できる：1) ボールが最も後方の位置にある場面 (準備動作中) では身体の重心を後方に傾けることがきわめて少ないこと、しかもボールを持たない

Fig. 10 Typical patterns of overarm throwing of ball in type I and type II.

Type I. a: dominant hand throwing by an untrained subject (M. S.); b: non-dominant hand throwing by an untrained subject (M. S.); c: non-dominant hand throwing by a trained subject (M. T.). Type II. a: dominant hand throwing by a trained subject (M. T.); b: dominant hand throwing by a switch thrower (Y. I.); c: non-dominant hand throwing by a switch thrower (Y. I.). A to D and arrow are as in Fig. 5.

側の腕も前方向にあがらないこと (Fig. 10・A), 2) 準備動作においてボールを投げる腕が屈曲すること (Fig. 10・A). そのため、準備動作中のボールの移動距離が相対的に小さくなり、主動作へのスピードが十分に伝わらない可能性もあること, 3) リリース期に頭を後方に大きく傾けられないため体幹を反らすことができず (Fig. 10・B), その反動を利用して主動作中のボールの移動速度を高めることができない. これは頸反射が十分に働かないことが主因と推定されること¹⁹⁻²¹⁾, 4) リリース期の体幹の位置がからだの前後に大きく変動しやすいこと (Fig. 10・B), 5) リリース期のボールの位置はいずれもからだの前方にあり, 下肢が十分に使われていない (膝の屈曲度がほとんどない) ために腰が十分に入らず, その動作がみかけの上でショット putt 型 (砲丸投げの投法に近い型) に類似していること (Fig. 10・B), 6) ボールの移動軌跡は投球開始の位置より下方にほとんど移行せず, 後方に並行して動くこと (Fig. 10・C), 7) 投距離がいずれも 8~12m であること (Fig. 10・D).

以上の特徴は, Fig. 10・右側に示すように, II 型においてはほとんどみられない. II 型の特徴はつぎのように要約できる: 1) ボールが最も後方の位置にある場面 (準備動作中) では, 体幹を側方に捻りかつ身体の重心を後方におき, ボール投げを行う腕を延ばして反対側の腕が前方 (投球方向) に延びること (Fig. 10・A), 2) リリース期には膝の屈曲角度を大きくして, 頭を後方に大きく傾斜する. そして体幹を反らし (頸反射の典型的なパターン)^{19-21, 28)}, ボールが離れる位置は体幹のほぼ上にあること (Fig. 10・B), 3) リリース期には身体重心が前脚部に移り, 後脚は比較的にリラックスしていること (Fig. 10・B), 4) ボールの移動軌跡は投球開始の位置より下方を経由して比較的大きな弧を描くこと (Fig. 10・C), 5) 投距離が 27~31m であること (Fig. 10・D).

E. I 型と II 型における投動作の特徴

I 型の投動作は日常的に投動作を行っていない場合, あるいは投動作を行っていても日頃投を行っていない側の手でみられる (Fig. 10・左側).

したがって, 日常投球動作を経験していない場合, 投の示範を直前に受けてから直ちに投を行ったときの動作パターンは II 型のそれとは著しく異なっていることが推定される (Fig. 10・右側). したがって, I 型の投動作は投のモデル情報が視覚系を介して運動プログラミングを司る脳に伝わり, そこで十分な情報処理を行って後, 遠心系に情報を出すという一連のループ系が十分に作動していない可能性が高い^{19-21, 25, 28)}. すなわち, 投動作のコントロールには動作の繰り返しによるフィードバック系の運動学習が不可欠である^{7, 25)}. しかし, 利き手投げによる投動作が I 型である被験者でも非利き手の投動作には転移作用がほとんど認められず (Table 2), 利き手と非利き手の神経・筋協応能はほぼ独立している可能性がある. これは, 利き手投げによる投の経験が, 非利き手側とは無関係に利き手側のみに強く反映することを意味している. この可能性については, II 型を有する被験者の場合, 投に関与しない側の手は投のスキルが未熟練者群のそれと定性的にみてほぼ同じであることから支持されるかもしれない (Table 2, Fig. 5, Fig. 6, Fig. 10).

つぎに, a) I 型の被験者の非利き手投げの投距離や投動作パターンが投のトレーニングによって利き手投げのそれに接近できるか否か, b) 投のトレーニングによって I 型に属する被験者が利き手投げでも非利き手投げでも II 型に変化するか否か, についてその可能性を考察する.

まず, a) の可能性については, SW の結果が有用な情報を提供するかもしれない. II 型に属する SW の投距離や動作パターンは, 両手ともに程度の差はあるがほぼ類似していた (Table 2, Fig. 5, Fig. 6, Fig. 10). この被験者は熟練者群のカテゴリーに入るが, 本来利き手は右側であって, これまでに左側 (非利き手) においても投球練習を約 10 年間行ってきた. したがって, SW の非利き手投げと利き手投げによって得られた結果から, つぎのような可能性が想定できる. すなわち, 熟練者群の非利き手投げによる投動作パターンや投距離は投のトレーニングによって利き手投げ側によりシフトすること, すなわち I 型から II 型へ移

行する可能性が高い。

また、b)の可能性については、熟練者群とSWの結果が有用な示唆を与えるであろう。既述のように、熟練者群の非利き手投げが投のトレーニングによって利き手投げによりシフトする可能性を推定した。熟練者群の球技経験年数は約5年であった。約5年間の球技経験が片側優位に影響しているか否かを第一近似として推定するため、投距離の非利き手投げに対する利き手投げの比を算出すると、その値は2.58であった(Fig. 4)。未熟練者群ではその比が1.73と算出され、熟練者群が約1.5倍大きかった。したがって、片側優位の程度は球技経験によってより大きくなる可能性が高いこと、また、非利き手投げは利き手投げの球技経験によってほとんど影響されないことが推定される。同様の傾向は、投動作過程の解析結果(Table 2)や投動作パラメータ(Fig. 5, Fig. 6, Fig. 10)の比較データからも推定できる。

以上の考察より、I型は投のトレーニングによってII型に移行する可能性が高いが、この推定に対する実証は今後の研究に待たなければならない。

今後の研究課題としては、未熟練者の利き手投げと非利き手投げ、熟練者の非利き手投げの投動作パターンや投距離が投のトレーニングによってどのように変化するかを明らかにすることである。そのためには、本研究で得られた二次元解析による知見と三次元解析のそれとを比較・検討する必要がある^{13,18,25)}。また、利き手投げと非利き手投げによる投動作の協応能の差を明確にするため、例えば筋電図法によって詳細に検討することも重要であろう^{10,14,19,20,28)}。さらに、投動作や投距離に対する利き手投げ優位による現象が年齢や性等によっていかに変化するかをしらべる必要がある。

投以外の利き手優位の現象、例えば食器を持つ場合、字を書く場合等にみられる利き手および非利き手による運動の技術特性や神経・筋協応能を明らかにすることも今後の研究課題として残されている²⁹⁾。

V. 総 括

オーバースローによる投動作パターンと投距離に対する利き手投げと非利き手投げの差を明確にするため、成人女子を被験者として投の未熟練者、熟練者およびスイッチスローワー(SW)の投距離と各種の投動作特性を測定・解析した。さらに、片側優位に及ぼす投のトレーニング効果、投動作の過程と習熟度との関係および投動作と投距離との関係等を検討した。その結果、以下の知見を得た。

1. 未熟練者群と熟練者群の投距離は、利き手投げが非利き手投げより有意に大きかった。非利き手投げに対する利き手投げの投距離の比は熟練者群が未熟練者群より有意に大きかったが、SWでは著しく小さかった。

2. 投動作の全体および準備動作における各所要時間は各群間で大差がみられなかったが、主動作時間は熟練者群、未熟練者群ともに利き手投げが非利き手投げより明らかに小さかった。ボールの移動距離は動作全体、準備動作ともに利き手投げが非利き手投げより大きかったが、主動作におけるボールの移動距離は各群間で差が認められなかった。ボールの平均移動速度の大きさは三群とも主動作>動作全体>準備動作の順であり、利き手投げが非利き手投げより明らかに大きかった。

3. 熟練者群の非利き手投げや未熟練者群の利き手投げおよび非利き手投げの投動作は、準備動作でボールの軌跡が小さく、ボールが水平に後方へと移動し、円弧状の軌跡を示さず、主動作時のボールの平均移動速度が小さかった。これらの条件で得られた投動作パターンや投距離もほぼ似ていた。これらの投動作をI型と定義した。一方、熟練者群の利き手投げおよびSWにおける利き手投げと非利き手投げの投動作はよく似ていた。それらの特徴は、準備動作時のボールの軌跡がほぼ円弧状を呈しかつ大きく、主動作におけるボールの平均移動速度も大きく、リリース時には前後の下肢の膝の屈曲角度が小さく、頭部が後傾し、体幹が十分に反っていたことである。このグループをII型と定義した。

4. 利き手投げの投距離は投動作のパラメータと有意に関係していたが、非利き手投げではなかった。したがって、非利き手投げによる投動作は投の Skill を変動させる制御系が十分に作動していないものと推定される。

5. 以上より、I 型に属する被験者の非利き手投げによる投距離や投動作パターンが投のトレーニングによって利き手投げのそれらに接近し得る可能性および投のトレーニングにより I 型が II 型にシフトし得る可能性について考察した。

謝 辞

本研究を推進するに際し、北海道教育大学の城後豊教授および上越教育大学の三浦望慶教授には種々御高配をいただきました。ここに厚く御礼を申し上げます。また、実験に快く御協力をいただいた被験者の皆様には深く謝意を表します。森章子氏、白田美香氏、福島俊一氏および羽鳥見氏には種々御協力・御助力を仰ぎました。本研究の一部は上越教育大学教育研究経費の補助を受けて遂行されました。

(受理日 平成 8 年 12 月 18 日)

V. 引 用 文 献

- 岡田守彦, 霊長類の一側優位現象 - Hand Preference を中心として -, 神経進歩, (1980), **24**, 529-540.
- Toyoshima, S. & Hoshikawa, T. Contribution of the body parts to throwing performance. In., Nelson, R. C. & Morehouse, C. A., eds., Biomechanics IV, University Park Press, Baltimore, (1974), 169-174.
- Hoshikawa, T. & Toyoshima, S. Contribution of the body segments to ball velocity during throwing with nonpreferred hand. In., Komi, P. V., ed., Biomechanics VB, University Park Press, Baltimore, (1976), 109-117.
- Diamond, S. J. Cerebral dominance or lateral preference in motor control. Acta Psychol., (1970), **32**, 196-198.
- McManus, I. C. & Mascie-Taylor, C. G. N. Hand-clasping and arm-folding: a review and a genetic model. Ann. Human Biol., (1979), **6**, 527-558.
- Warren, J. M. Handedness and laterality in humans and other animals. Physiol. Psychol., (1980), **8**, 351-359.
- 久保田競. 手と脳 - 脳の働きを高める手 -. 紀伊國屋書店, 東京, (1983), 132-156.
- Papas, A. M., Zawacki, R. M. & Sullivans, T. J. Biomechanics of baseball pitching. Am. J. Sports Med., (1985), **13**, 216-222.
- Hirano, Y. Comparative study of pitching motions between skilled and little league baseball pitchers. In., Johnsson, B., ed., Biomechanics X-B, Human Kinetics Pub. Co., Illinois, (1987), 649-653.
- 丹治 順. 運動制御の神経生理学機構にみる左右差. 左右差の起源と脳, 久保田競(編), 朝倉書店, 東京, (1991), 167-173.
- 三浦望慶, 池上康男, 松井秀治. 部分および合成重心係数を用いての座標測定方式による合成重心の算出. 体育の科学(1974), **24**, 517-522.
- Toyoshima, S. & Miyashita, M. Force-velocity relation in throwing. Res. Quart., (1973), **44**, 86-95.
- Pedegana, L. R., Elsner, R. C., Roberts, D., Lang, J. & Farell, V. The relationship of upper extremity strength to throwing speed. Am. J. Sports Med., (1982), **10**, 352-354.
- Jobe, F. W., Tibone, J. E., Perry, J. & Moynes, D. An EMG analysis of the shoulder in throwing and pitching. Am. J. Sports Med., (1983), **11**, 3-5.
- 尾県 貢, 田中順造, 山本章雄, 熊安貴美江. 成人女性におけるオーバーハンドスロー動作の検討 - 投距離に影響を与える体力要因を考慮して -. 体育学研究, (1989), **34**, 63-72.
- Kunz, H. Effect of ball mass and movement pattern on release velocity in throwing. In., Nelson, R. C. & Morehouse, C. A., eds., Biomechanics, University of Park Press (1974), 163-168.
- Leme, S. A. & Shambes, G. A. Immature throwing patterns in normal adult women. J. Human Movement Studies (1978), **4**, 85-93.
- 桜井伸二, 池上康男, 矢部京之助, 岡本 敦, 豊島進太郎. 野球の投手の投動作の 3 次元動作解析. 体育学研究 (1990), **35**, 143-156.
- 塚原伸見. 脊椎動物の制御システムと高次制御中枢. 生物科学講座 6. 神経回路と生体制御, 朝倉書店, 東京, (1976), 213-272.
- 木村 実. 運動のメカニズム. 最新脳の科学, 伊藤正男, 桑原武夫(編), 同文書院, 東京, (1988), 126-153.
- 青木 藩. 運動反射のメカニズム. 脳の科学, 中村嘉男, 酒田英夫(編), 朝倉書店, 東京, (1985), 229-252.
- Feltner, M. & Dapena, J. Dynamics of the shoulder and elbow joints of the throwing arm during a baseball pitch. Int. J. Sport Biomech., (1986), **2**, 235-259.
- Robertson, M. A. Changing motor patterns during childhood. In., Tomas, J. R., ed., Motor development during childhood and adolescence, Burgess Pub. Co., (1984), 70-75.
- Tullos, H. S. & King, J. W. Throwing mechanism in sports. Orthop. Clin. Nor. Amer., (1973), **4**, 709-720.
- Atwater, A. E. Biomechanics of overarm throwing movements and of throwing injuries. Exer. Sport Sci. Rev., (1980), **7**, 43-85.
- 吉福康郎. 投げる - 物体にパワーを注入する -. J. J. Sports Sci., (1982), **1**, 85-90.
- 豊島進太郎. ボール投げと体幹のひねり. 体育の科学, (1980), **30**, 478-482.
- Anderson, M. B. Comparison of muscle patterning in the overarm throw and tennis serve. Res. Quart., (1979), **50**, 541-553.
- 丹治 順. 随意運動. 脳の科学, 中村嘉男, 酒田英夫(編), 朝倉書店, 東京, (1984), 63-84.