

ソフトボールのウインドミル投法の高速度撮影による動作分析 － 指導法に関する基礎的研究 －

奥 野 暢 通

I. 目的

ソフトボールは攻撃側と守備側に分かれて点を取り合うゲームである。そのため、ゲームに勝つためには相手チームに得点を与えないことと、相手チームより多くの得点を獲得することがポイントとなり、なかでも相手チームに得点を与えないためには投手の能力が高いことが重要なポイントとなる。

投手の能力にはボール速度、変化球の球種、コントロールなどがあげられる。奥野ら⁴⁾はウインドミル投法のボール速度に着目し筋電図的分析を行い、ボール速度を高めるための技術ポイントとして、身体重心の並進速度を高めること、上肢の回転速度を高めること、躯幹の捻りを利用すること、フォワードスイングで肘関節の伸展を利用すること、前腕上部を躯幹に強く当てること、スナップ動作時に拮抗筋の放電を抑制すること、リリース位置を安定させることなどが考えられると報告している。

本研究はボールに力を加える作用距離が長く、高いボール速度を得るために有効であると考えられるウインドミル投法をとりあげ、奥野ら⁴⁾よりも高速度(600fps)での撮影を行うことにより、ウインドミル投法の動作機序を明らかにし、ソフトボールの投手育成のための指導法に関する基礎的知見を得ることを目的とした。また、同一被験者が全力で投げたにもかかわらずボール速度に差が生じた要因を明らかにしようとした。さらに、本研究の被験者の競技力向上の可能性についても検討を加えた。

II. 方法

1. 被験者

被験者は表1.に示す関西学生ソフトボールリーグ1部リーグ所属(全日本学生ソフトボール選手権大会ベスト8)男子投手1名とした。なお、本被験者には大学進学以前の投手としての顕著な戦績はなく、大学進学後に主戦投手として競技している選手である。

表1. 被験者の身体特性等

イニシャル	身長(cm)	体重(kg)	指極(cm)
R. N.	175.0	63.0	177.0

2. 動作

被験者には土のグラウンドで投球プレートを用いて、公式球(Mizuno 社製)を、ストライクゾーンのコース・高さ(被験者の身長である 175cm の身長で高さを仮定)ともに真ん中をねらい球速を目的とし全力で投球させた。

3. 撮影

(1) 映像の記録

2 台のビデオカメラ、JVC 社製 GZ-X900 (600fps)、SONY 社製 DCR-TRV110K (60fps) を間隔 15cm で投球方向と平行に設置し、右側方 50m、高さ 120cm から投球動作を撮影した。分析には JVC 社製 GZ-X900 で撮影した映像を主として用いたが、当機器は 600fps での撮影時に撮影時間が最長 2.4 秒という制限があり音声も記録できないため²⁾、SONY 社製 DCR-TRV110K で撮影した映像を補助的に使用した。

(2) 分析

動作解析ソフト Siliconcoach Pro6 を用い、大型モニターに表示し、スロー再生(コマ送り含む)で動作を観察記録した。さらに、静止画像を用い 1 画面ごとに複数点(ボール、手首、肘、肩、腰など)についてデジタイジングした後、次の画面に移動する方法で座標データを計測した。得られた座標データは Microsoft Office Excel 2003 で関数を立て結果に示す数値などを算出した。

なお、Siliconcoach Pro6 は PC の IEEE1394 端子からの入力にのみ対応しているので、GZ-X900 で撮影した画像は映像出力端子を用い、一旦 DCR-TRV110K にダビングした後 PC に入力した。

Ⅲ. 結果ならびに考察

1. 動作機序

図 1. は、表 2. に示すストライクで最も高いボール初速度を示した投球 No. 8 の動作の主な場面のフォームとリリースまでに要した時間を示したものである。

①がセットアップ時点の、②が左足かかとの離地時点の、③がボールを最も後ろ上方に引いた時点の、④が左足離地時点の、⑤が右足離地時点の、⑥がボールが最上点を示した時点の、⑦が左足着地時点の、⑧がリリース時点のフォームを示している。

①のセットアップから②の左足かかとの離地までにおいては、躯幹を前屈しながら肩関節の伸展によりボールを身体に対し後方に引いていた。また、左膝を屈曲し重心を投球方向に対して後方に移動していることが認められた。

②から③のボールを最も後ろ上方に引いた時点までにおいては、躯幹はさらに前屈され、図 2. (A)に示すように左足つま先は後方に引かれ、後方に蹴るための足場を作っていると考えられた。また、肘関節を伸展、前腕を回内し手のひらが上を向くようにボールを後方に引いていた。

③から④の左足離地時点までにおいては、左足関節は大きく足底屈しており、左足で後方へ

投球 No.8

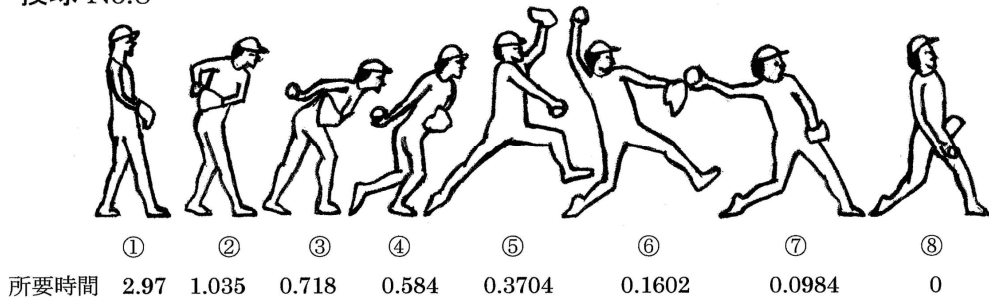


図1. 投球 No.8 の動作における主な場面のフォームとリリースまでに要した時間

①：セットアップ時点、②：左足かかとの離地時点、③：ボールを最も後ろ上方に引いた時点、④：左足離地時点、⑤：右足離地時点、⑥：ボールが最上点を示した時点、⑦：左足着地時点、⑧：リリース時点のそれぞれを示している。

強く蹴ることによって身体を前方へ進ませていることを示していた。また、躯幹は上方に引き起こされていた。

④から⑤の右足離地時点までにおいては、右足関節の足底屈、膝関節の伸展、左股関節の屈曲による左脚の振り出しにより身体をさらに大きく前方へ移動させていた。また、右上肢は肘関節を伸展、前腕を回内させたまま肩関節を中心に前方に振り出していた。

③から⑤にかけての後方への蹴りは、左脚の蹴りから右脚の蹴りへと時間差をともなった動作であった。ピッチングの足の構えは両脚に前後差を持つので、これら下肢の動作は陸上競技の短距離のクラウチングスタートにみられるように後ろ足での蹴りを強くし¹⁾、身体を投球方向に投げ出すためには合目的な動作であると考えられた。また、本被験者はセットアップ時に左足を固定せず、左足を後方に引く動作によっても投球リズムを作っていると考えられた。

⑤から⑥のボールが最上点を示した時点までにおいては、両肩を結ぶ線は投球方向に向けられていた。そのため、右上肢は肩を中心に前額面で内転していた。また、肘関節にはわずかな屈曲がみられ肘の「ため」を作る準備を始めていたと考えられた。さらに、④から⑤で引き上げられていた左上肢は下方に引き下げを始めていた。

⑥から⑦の左足着地時までは肩関節は前額面での内転を続け、肘関節はわずかに屈曲をしたまま回内位にあった前腕を回外し手のひらを上に向けていた。また、手関節は伸展された。これらの動作により肘・手関節に「ため」が作られていた。さらに、左足は図2.(B)に示すように足裏全体で上から押さえつけるように着地し、つま先は⑧のリリース時点まで前方に移動することはなかった。このことは、ルールとも関係するが、かかと着地で大きなステップ幅を獲得するのではなく、前方にずれないように着地し、その後、膝関節の伸展により下方への蹴りを行っていると考えられた。

⑦から⑧のリリースまでにおいては、躯幹は投球方向に正対するように捻り戻され肩関節は内転ぎみの屈曲を行っていた。また、肘関節・前腕は図2.(C)に示すように屈曲・回外位から伸展・正中位を経て屈曲・回内位へと変化し、「ため」を放っていることが認められた。さらに、手関節は屈曲され正中位を示しスナップ動作が行われていることが認められた。

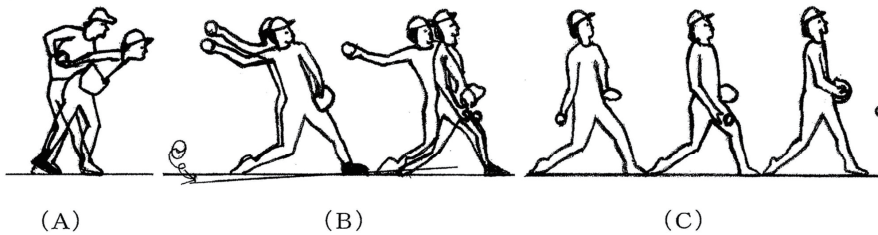


図2. 投球 No.8 における動作場面のフォーム

- (A) : ①のセットアップ時点と②の左足かかとの離地時点のフォームを重ねたもの
 (B) : 左足着地 1/60 秒前時点 (θ : つま先、かかと、投球方向のなす角) と⑦の左足着地時点のフォームを重ねたもの(左)、ならびに⑦の左足着地時点と⑧のリリース時点のフォームを重ねたもの(右)
 (C) : ⑧のリリース時点(中央)とその前後 1/60 秒時点のフォームをならべたもの

2. ボール初速度に差が生じた要因

表2.は、投球のストライク・ボールの判定、ボール初速度(水平方向)、ボール初速度(絶対値)、スナップ比^{4,5)} (ボールの初速度(絶対値) / リリース直前の手首の速度(絶対値))、ステップ幅(セットアップ時の右足つま先と振り出した左足着地時の左足つま先までの距離)、投球に対する投手の自己評価、捕手の評価 (いずれもボール速度を中心に4段階、◎○△×)を示したものである。なお、ボール初速度、スナップ比に用いた時間間隔は奥野ら⁴⁾の報告と同基準とするため 1/60 秒とした。

投球のストライク・ボールの判定では、ボール速度を目標に投球したため真ん中をねらったにもかかわらず 10 球中ストライクが 4 球であり、「力み」のあることを示す結果を示した。

ボール速度(水平方向) 26.8~29.8mps を示し、投手・捕手ともに評価の低かった投球 No.2 の投球をも含め、奥野ら⁴⁾、山本ら⁶⁾の報告と比較しても高値を示した。このことから、本研究の被験者のボール初速度は大学投手のトップクラスであることが認められた。

ボール初速度(絶対値)はボール高低によるストライク・ボールを決定するものであり投球 No.3 と投球 No.5 のように水平方向の初速度が同じであってもストライクのボールよりも絶対値の初速度が低い場合には低めのボールに(投球 No.5)、投球 No.6 と投球 No.10 のように水平方向の初速度が同じであってもストライクのボールよりも絶対値の初速度が高い場合には高めのボールとなる結果を示した(投球 No.10)。

スナップ比は 1.71~1.34 を示し、奥野ら⁴⁾の報告に比して低値を示した。このことは、本被験

表 2. 被験投球一覧

投球 No.	判定	ボール初速度 水平方向(mps)	ボール初速度 絶対値(mps)	スナップ比	ステップ幅 (m)	投手の 評価	捕手の 評価
1	ボール	28.8	29.3	1.63	2.44	○	△
2	ボール	26.8	27.8	1.34	2.42	△	△
3	ストライク	27.8	28.4	1.39	2.44	○	○
4	ストライク	28.8	29.2	1.68	2.46	◎	◎
5	ボール	27.8	28.2	1.44	2.43	○	○
6	ストライク	28.8	29.0	1.58	2.43	◎	○
7	ボール	27.7	28.3	1.71	2.43	○	△
8	ストライク	29.7	30.4	1.62	2.46	◎	◎
9	ボール	29.8	30.1	1.59	2.46	◎	◎
10	ボール	28.8	29.3	1.58	2.46	◎	○

者は前腕の肘に近い位置を軀幹に当てていたことによると考えられた。また、奥野ら⁴⁾の報告にみられたボール速度とスナップ比との有意な関係は本研究では認められなかった。これは、奥野らが複数の被験者を対象にそれぞれの被験者に種々のボール速度で投球させていたのに対し、本研究では一人の被験者にボール速度を目標に全力で投球することを課題としたことによるものと考えられ、この条件下では必ずしもスナップ動作がボール速度に関係するとはいえないと考えられた。しかし、ボール初速度の最も低かった投球 No.2 においてはスナップ比も他の投球に比べ低く、スナップ動作を失敗していることが認められた。

ステップ幅は 2.42m～2.46m でほぼ一定であった。これは、被験者が試合の際と同様に撮影前にグラウンドにスパイクで穴を掘り足場を作っていたことによるものであった。このことは、投手が投球の土台の安定のためにグラウンドに穴を掘ることの合理性を示している。しかし、最もボール初速度の低かった投球 No.2 においては他の投球と比べてステップ幅は短く、左足着地時点において動作の一部に失敗が生じていたことを示し、このことが前述のスナップ比を他の投球よりも低くした要因の 1 つとも考えられた。

ボール速度と投手・捕手の評価との関係を見ると最も評価の低い×評価は示さず、ストレートを投球する際には大きな失敗のないことが認められた。また、最もボール速度の低かった投球 No.2 で投手・捕手ともに△と評価が低く、本研究の投球の中では客観的、主観的のいずれからみても失敗投球であるといえた。一方、最もボール速度の高かった No.9 で両者とも◎と評価が高かった。全体的に、ボール速度と投手・捕手の評価の間には正の関係があると考えられた。しかし、投手の評価が捕手より高い例もみられた。これは、捕手がボールの軌跡・速度などを評価しているのに対し、投手は指のかかりなどを評価に入れている可能性を示唆するものと考えられた。

表3.リリース(⑧)までの所要時間

投球No	①～⑧	②～⑧	③～⑧	④～⑧	⑤～⑧	⑥～⑧	⑦～⑧
1	2.269	1.034	0.751	0.601	0.3670	0.1635	0.0918
2	3.003	1.034	0.717	0.601	0.3840	0.1635	0.0918
3	2.052	0.984	0.717	0.617	0.3704	0.1618	0.0984
4	2.753	0.968	0.701	0.601	0.3787	0.1618	0.0918
5	2.169	0.968	0.718	0.601	0.3754	0.1618	0.0951
6	2.369	0.968	0.734	0.617	0.3887	0.1618	0.0934
7	2.186	0.951	0.718	0.601	0.3787	0.1618	0.0984
8	2.970	1.035	0.718	0.584	0.3704	0.1602	0.0984
9	2.269	0.968	0.734	0.601	0.3837	0.1618	0.0968
10	2.669	1.051	0.717	0.601	0.3804	0.1618	0.0951

表3.に図1.の①、②、③、④、⑤、⑥、⑦のそれぞれの時点から⑧のリリース時点までの所要時間を全投球について示した。①のセットアップからの所要時間は2.052～3.003秒と幅があった。これはセットアップから投球動作を開始するまでの時間が一定していないことが原因であった。その他の区間においてはほぼ一定の傾向が見られ、動作を通じてほぼ同じタイミングで投球されていたことが示された。また、⑥のボール位置が最も高い値を示す時点からリリースにかけての所要時間は±1/600秒(1コマ)であり、非常に高い再現性を示すとともに、1秒間に600コマで撮影することの有効性を示したと考えられた。

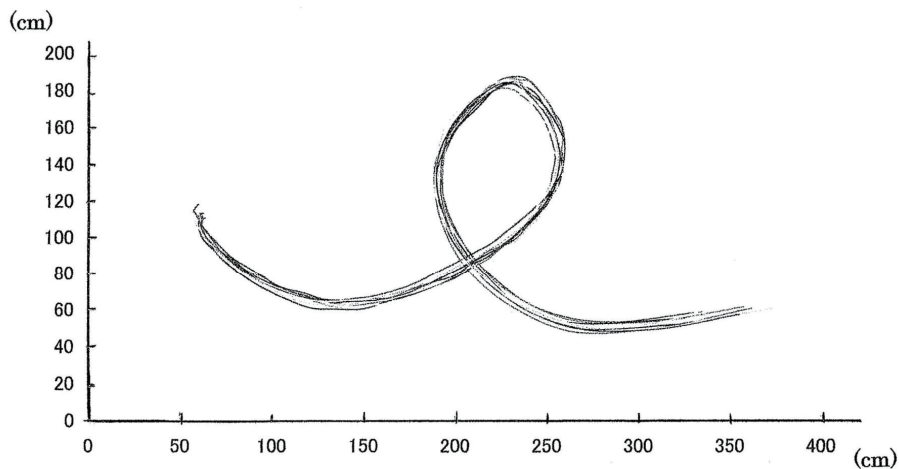


図3.全投球のボールの軌跡

ボールを最も後ろ上方に引いた時点(③)からリリース(⑧)直後まで

図3. はボールを最も後ろ上方に引いた時点(③)からリリース直後までのボールの軌跡を全投球について示したものである。動作の再現性は高く、村瀬ら³⁾がボウリングの投球においてアベレージスコアーの高い人ほどステレオタイプを示すとする報告と一致するものであり、本被験者の競技レベルから考えると予想された結果であった。しかしながら、リリースポイントにバラツキがみられ、このことがコントロールを一定させられなかった要因のひとつと考えられた。

これら、動作のタイミング、ボールの軌跡からはボール初速度に差をもたらせた明らかな要因は認められなかった。

3. 本研究の被験者の競技力向上について

図4. は投球動作全体を 600fps で撮影できた投球の中、ストライクで最も高いボール初速度を示した投球 No. 6 の肩関節を中心とした上腕の角速度の経時的变化を模式的に(最大値を100%として)示したものである。図中⑤、⑥、⑧は図1. の図中に示す番号と対応し、それぞれ右足離地時点、ボールが最上点を示した時点、リリース時点を示している。

本被験者の肩関節を中心とした上肢の角速度は、⑤の右足離地後一度減少する2峰性の経時的变化を示した。この傾向は奥野ら⁴⁾の2部リーグ所属チームの投手と類似した傾向であり1部リーグ投手1峰性の経時的变化とは異なった。この原因としては動作開始時(図1.③~⑤)の右腕の振り出しが早いことが考えられた。このことは、上肢の回転を途切れさせ、ウインドミル投法の特徴である遠心力の利用を有効にできていないことを示唆するものと考えられた。本被験者においても、奥野ら⁴⁾報告の1部リーグ所属の投手にみられるように腕の振り出しを

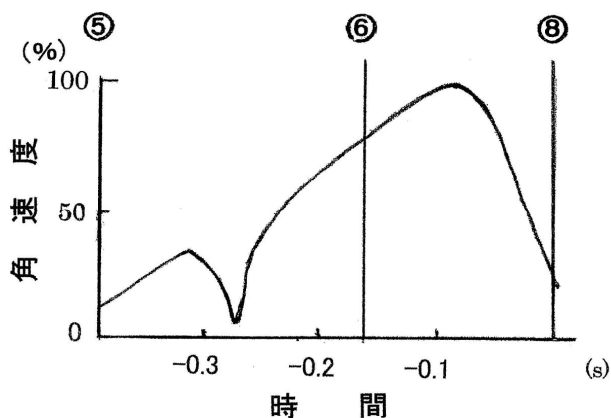


図4. 投球 No.6 の肩関節を中心とした上腕の角速度の経時的变化の模式図
角速度の最大値を100%として示した。

図上部の番号は図1. の番号と対応している。

時間はリリース時を0とした。

遅らせることでより高いボール速度を獲得することができるようになる可能性のあることが示唆された。

IV. 要約

ウインドミル投法を高速度(600fps)で撮影し、その動作機序を明らかにし、ソフトボールの投手育成のための指導法に関する基礎的知見を得ることを目的とした。また、全力で投げたにもかかわらずボール速度に差が生じた要因を明らかにしようとした。さらに、本研究の被験者の競技力向上の可能性についても検討を行い以下の結果を得た。

1. 肩関節は前方への屈曲から前額面での内転、内転ぎみの屈曲でリリースを行っていた。
2. 肘関節・前腕は伸展・回内から軽い屈曲と回外で「ため」を作り、リリース時には「ため」を放っていた。
3. 下肢での後方への蹴りは、左脚から始まり右脚のへと時間差を伴った動作であった。また、左足の着地は足裏全体で上から押さえつけるように行っていた。
4. 全力で投げたにもかかわらずボール速度に差が生じた要因には、ステップ幅、スナップ比が関与していると考えられた。
5. 本研究の被験者は、動作開始時の腕の振り出しを遅らせることによって遠心力を利用した肩を中心とした上肢の回転を速め、より高いボール速度を獲得することができるようになる可能性が示唆された。

文献

- 1) Henry,F.M(1952)Force-time characteristics of the sprint start.Res.Quart.46:301-318
- 2) 日本ビクター株式会社、JVC GZ-900 取り扱い説明書：36-37
- 3) 村瀬 豊・宮下充正(1973)ボウリングのキネシオロジー、体育の科学 23：654-659.
- 4) 奥野暢通・後藤幸弘・島田三千男(1991)ウインドミル投法の筋電図的分析 ― 競技レベルによる相違とボール速度の変化を中心にして ―. 体育学研究 36：141-155
- 5) 桜井伸二・宮下充正 (1982) 子どもにみられるオーバーハンド投げの発達. J.J.Sports Sci. 1:152-156
- 6) 山本英弘・北川 薫・松岡弘記・藤松 博(1981)ウインドミル投法の動作分析的研究. 中京体育学研究 21：114-121