

高速度撮影によるウインドミル投法における球種の 違いによる投球動作の相違について ——変化球投球の指導法に関する基礎的研究——

奥 野 暢 通

I. 目的

ソフトボールの投手の投法にはウインドミル投法、スリングショット投法、フィギュアエイト投法があるが、競技場面においては現在ウインドミル投法が多く用いられている。

これまでもウインドミル投法についての研究は淵本ら¹⁾、奥野ら³⁾、奥野⁴⁾、山本ら⁶⁾、吉野⁷⁾などによって行われている。奥野ら³⁾は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を報告した。さらに、奥野⁴⁾は600fpsの高速度撮影によりウインドミル投法の動作機序をより詳細に明らかにした。しかしながら、変化球を投球した際の動作について検討された研究はあまりみられないように思われる。

本研究では、奥野⁴⁾の研究と同一の投手1名を被験者とし、ストレート、ライズ、チェンジアップ、ドロップの4種の球種を投球させ高速度撮影(600fps)を行い、球種による動作の相違について検討を行った。

これらの知見は、ウインドミル投法で変化球投球の指導法に関する基礎的知見、ならびに留意点を提供するものと考えられる。

II. 方法

1. 被験者

被験者は表1. に示す身体特性を持つ関西学生ソフトボールリーグ1部リーグ所属チーム(2010年全日本学生ソフトボール選手権大会ベスト8)の男子投手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、ストレート、ライズ、チェンジアップ、ドロップの4球種で投球させた。

3. 撮影

(1) 映像の記録

ビデオカメラ（JVC社製GZ-X900）を用い600fpsで右側方50mから投球動作全体を撮影した。

(2) 分析

撮影に用いた機器は600fpsでの撮影時に撮影時間が最長2.4秒という制限がある²⁾。そのため図1.（奥野⁴⁾より引用）の③のボールを最も後ろ上方に引いた時点から⑧のリリース時点の1/60秒後までが撮影された投球動作を分析対象とした。

映像解析は動作解析ソフトSiliconcoach Pro 6を用い、大型モニターに表示しコマ送りで画面を静止させ同一の測定点について連続で追跡しデジタイジングした後次の測定点にうつる方法で計測した。なお、Siliconcoach Pro 6がPCのIEEE1394端子からの入力にのみ対応するため、撮影した映像データはSONY社製DCR-TRV110Kに一旦ダビングした後PCに入力した。得られた座標データは、Microsoft Office Excel 2010で関数を立て以下に示す数値などを算出した。

1) ボール初速度（水平方向、垂直方向、絶対値）

：⑧（リリース）とその1/60秒後のボールの（移動距離）/（所要時間）

2) 手首の速度（水平方向、垂直方向、絶対値）

：リリース1/60秒前と⑧（リリース）の（手首の移動距離）/（所要時間）

3) スナップ比⁵⁾：ボール初速度（絶対値）/手首の速度（絶対値）

4) ステップ幅：図1. ③時点の右つま先と⑦時点の左つま先の距離

5) 所要時間：図1. ③、④、⑤、⑥、⑦のそれぞれから⑧までの所要時間

6) 座標位置：ボール、手首、肘、肩について③から⑧の1/60秒後まで1/600秒毎にデジタイズし、10点移動平均を行い決定した。

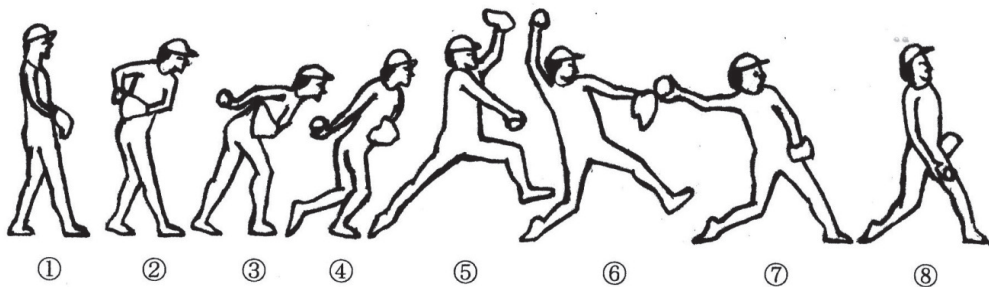


図1. ウインドミル投法での主な投球動作場面のフォーム（奥野⁴⁾より引用）

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。

7) 角度 : 上記座標位置より算出し5点移動平均を行い決定した。

8) 角速度 : 上記角度より算出し30点移動平均を行い決定した。

なお、1)、2)、3) の差分に用いた時間は奥野ら³⁾ の報告と同一基準とするために1/60秒とした。

Ⅲ. 結果ならびに考察

1. ボール初速度等

表2. から表5. は全投球の投球のストライク・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⁵⁾、ステップ幅、投手の自己評価、捕手の評価(いずれも4段階、◎○△×)を球種別に示したものである。表2. がストレートについて、表3. がライズについて、表4. がチェンジアップについて、表5. がドロップについてそれぞれ示したものである。

ストレートのボール初速度(水平方向)は27.5～28.5mpsを示し、奥野ら³⁾、山本ら⁶⁾の報告と比較しても高値であった。本研究の被験者のボール速度は大学生投手のトップクラスにあることが確認された。

球種ごとのボール初速度(水平方向)を平均値(±標準偏差)でみると、ストレートが27.7(±0.35)mps、ライズが27.3(±0.66)mps、チェンジアップが22.5(±0.58)mps、ドロップが27.7(±0.13)mpsを示した。

ストレートとライズはボールの回転が進行方向に対して順回転と逆回転に違いがある。ライズはストレートとほぼ同じ初速度で投げ出され、ボールの重力による落下がライズの場合ボールの逆回転により揚力を受けるため少なくなり、打者が「浮いてくる」と感じると考えられた。

チェンジアップの初速度は他の球種に比して低いことが認められた。これは初速度でみる限り打者のタイミングを外すためには有効であると考えられた。

ドロップの初速度はストレートとほぼ同値を示した。本球種は順回転をストレートより強くするように投げるボールであるが、全投球がストライクであったようにボールは十分な落下が得られず、ほぼストレートと同じ軌跡を描いたと推測される。このことはドロップが習得中の球種であったことによるものと考えられた。

スナップ比⁵⁾はドロップが他の球種に比して高い傾向がみられた。これは前述したように

表2. 被験投球一覧(ストレート)

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
S1	ボール	27.6	28.0	1.62	2.44	○	△
S2	ストライク	27.7	28.1	1.65	2.45	○	○
S3	ボール	27.6	27.9	1.77	2.43	○	○
S4	ストライク	27.5	28.0	2.10	2.42	◎	○
S5	ボール	28.5	28.9	1.75	2.41	○	△
S6	ストライク	27.6	28.1	1.90	2.45	◎	◎
S7	ボール	27.6	28.0	1.78	2.36	◎	○
平均値		27.73	28.14	1.79	2.42		
標準偏差		0.345	0.341	0.163	0.031		

表 3. 被験投球一覧 (ライズ)

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
R1	ボール	27.7	27.8	1.52	2.44	◎	◎
R2	ストライク	27.6	27.9	1.71	2.39	◎	◎
R3	ボール	26.7	26.9	1.56	2.37	○	△
R4	ボール	26.8	26.9	1.63	2.44	△	○
R5	ボール	27.7	28.2	1.86	2.43	◎	◎
R6	ボール	26.7	26.8	1.86	2.40	×	×
R7	ボール	26.5	26.9	1.64	2.44	×	×
R8	ストライク	26.8	27.0	1.65	2.40	◎	○
R9	ストライク	28.6	28.7	1.82	2.42	◎	◎
R10	ストライク	27.4	27.7	1.84	2.43	◎	◎
平均値		27.25	27.48	1.71	2.42		
標準偏差		0.662	0.670	0.128	0.025		

表 4. 被験投球一覧 (チェンジアップ)

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
C1	ボール	22.0	23.0	1.65	2.44	×	×
C2	ストライク	22.8	23.1	1.81	2.47	○	○
C3	ボール	21.8	22.0	1.51	2.47	△	×
C4	ボール	22.9	23.0	1.83	2.43	○	○
C5	ボール	23.1	23.1	1.68	2.42	×	×
平均値		22.52	22.84	1.70	2.45		
標準偏差		0.581	0.472	0.130	0.023		

表 5. 被験投球一覧 (ドロップ)

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
D1	ストライク	27.7	28.0	1.82	2.48	○	△
D2	ストライク	27.9	28.0	1.92	2.42	◎	◎
D3	ストライク	27.7	28.0	2.04	2.39	○	△
D4	ストライク	27.6	27.8	2.06	2.42	◎	◎
平均値		27.73	28.00	1.96	2.43		
標準偏差		0.126	0.126	0.112	0.038		

強い順回転を加えようとしたことが回転よりも初速度の増大に働いたことを示唆していると考えられた。

ステップ幅は2.36～2.48mであったが球種による一定の傾向は認められなかった。しかし、本被験者の競技レベルを考えると数値のばらつきが大きいと考えられた。これが本被験者のコントロールの悪さ（ストレート7球中ストライクが3球、ならびにチームメイトからの評価）の一因と考えられた。

ボール速度と投手・捕手の評価との関係をみるとストレートでは最も評価の低い×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が、変化球であるライズ、チェンジアップでは投手・捕手ともに×評価の投球がみられ変化球の習得の未熟さが予想された。ドロップでの◎評価はストレートとして高評価をされたものであった。

2. 投球のタイミング

表6. から表9. は全投球の図1. の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球種別に示したものである。表6. がストレートについて、表7. がライズについて、表8. がチェンジアップについて、表9. がドロップについてそれぞれ示したものである。

ストレートについてみると、⑥のボールが最上点を示した時点以降での所要時間に投球ごとの差は僅かであったが、それ以前の時点からリリース時点までの所要時間にはばらつきがみられた。このことは前投球のフィードバックを行い次の投球で修正を行っていることを示すと考

表6. リリースまでの所要時間（ストレート）

投球No.	③～⑧	④～⑧	⑤～⑧	⑥～⑧	⑦～⑧
S1	0.7357	0.5956	0.3837	0.1635	0.0951
S2	0.6640	0.5856	0.3870	0.1568	0.1084
S3	0.7057	0.5806	0.4038	0.1619	0.0968
S4	0.7273	0.6156	0.4170	0.1651	0.0967
S5	0.7085	0.6089	0.4288	0.1635	0.1018
S6	0.6841	0.5940	0.3954	0.1619	0.1018
S7	0.7107	0.5873	0.3804	0.1635	0.0901
平均値	0.7051	0.5954	0.3994	0.1623	0.0987
標準偏差	0.0245	0.0127	0.0181	0.0027	0.0059

表7. リリースまでの所要時間（ライズ）

投球No.	③～⑧	④～⑧	⑤～⑧	⑥～⑧	⑦～⑧
R1	0.6923	0.5789	0.3770	0.1635	0.0984
R2	0.6941	0.5856	0.3854	0.1635	0.0935
R3	0.6756	0.5755	0.3787	0.1601	0.1017
R4	0.6807	0.5789	0.3770	0.1635	0.0951
R5	0.6873	0.5889	0.3704	0.1668	0.0951
R6	0.7040	0.5873	0.3854	0.1618	0.1018
R7	0.7508	0.5890	0.3888	0.1669	0.1052
R8	0.7174	0.6106	0.3904	0.1651	0.0984
R9	0.6790	0.5755	0.3753	0.1668	0.1001
R10	0.6974	0.5956	0.3737	0.1685	0.1035
平均値	0.6979	0.5866	0.3802	0.1647	0.0993
標準偏差	0.0224	0.0107	0.0068	0.0026	0.0038

表8. リリースまでの所要時間（チェンジアップ）

投球No.	③～⑧	④～⑧	⑤～⑧	⑥～⑧	⑦～⑧
C1	0.6974	0.6240	0.4238	0.1755	0.1068
C2	0.7190	0.6122	0.4120	0.1751	0.1067
C3	0.7257	0.6273	0.4170	0.1768	0.1067
C4	0.7474	0.6407	0.4088	0.1769	0.0985
C5	0.7407	0.6373	0.4137	0.1752	0.1101
平均値	0.7260	0.6283	0.4151	0.1759	0.1058
標準偏差	0.0196	0.0113	0.0057	0.0009	0.0043

表 9. リリースまでの所要時間（ドロップ）

投球No.	③～⑧	④～⑧	⑤～⑧	⑥～⑧	⑦～⑧
D1	0.6606	0.5872	0.3837	0.1668	0.0967
D2	0.6657	0.5689	0.3821	0.1635	0.1001
D3	0.7007	0.5940	0.3854	0.1669	0.0968
D4	0.7158	0.6040	0.3904	0.1669	0.1018
平均値	0.6857	0.5885	0.3854	0.1660	0.0989
標準偏差	0.0268	0.0148	0.0036	0.0017	0.0025

えられる。また、打者とのタイミングをはずすため、同じタイミングで投球する習慣が無い、あるいは種々のタイミングで投球できるようにしていることを示唆するとも考えられた。

ストレートとライズを比較すると③のボールを最も後ろ上方に引いた時点からの所要時間がライズで短い(0.07秒以下) 場合が多く認められ、少し投げ急いでいる投球があると考えられた。

ドロップでは③のボールを最も後ろ上方に引いた時点からの所要時間が短い投球と長い投球に分かれた。このことは先にも述べたが習得中の球種であるため動作が両極端になったことを示すものと考えられた。

チェンジアップではリリースまでの所要時間はいずれの区間においても他の球種よりも長い傾向が認められた。初速度の低い球種に時間をかけて投げることは打者に球種を読まれる要因になると考えられ、今後さらなる競技力向上のために改善すべき課題であると考えられた。

3. 上肢の運動

図2. から図5. は肩（肩関節を中心とした肘関節との角度）・肘（肩関節—肘関節—手関節のなす角度）・手首（手関節を中心としたボール中心との角度）周りの角速度（反時計回りを正として）の経時の変化をリリース時点の時間を0秒として球種別に示したものである。図2. はストレート（投球No.S6）の、図3. はライズ（投球No.R9）の、図4. はチェンジアップ（投球No.C2）の、図5. はドロップ（投球No.D2）の結果を示した。

肩周りの角速度はいずれの球種においてもリリース0.2秒前付近から増大を示したが、図2. に示すストレートではリリース付近のピークの方が角速度は大きく変化球とは異なった傾向を示した。このことからストレートは肩周りの回転を大きく利用した投法であると考えられた。

ライズとドロップの肩周りの角速度の変化はほぼ同じ傾向を示した。肘関節周りのリリース直前の角速度はライズ、ドロップ、ストレートの順で大きかった。これらのことはライズではドロップ、ストレートに比べより肘関節の伸展を積極的に利用していることを示すと考えられた。

手関節周りの角速度はいずれの球種においてもリリース直前に急激な増大を示したが、球種による顕著な差は認められなかった。

チェンジアップは肩・肘周りの角速度のピークは他の球種に比して低いことが動作時間の長いことと同様に認められた。

ウインドミル投法の指導には、いずれの球種においても手関節を積極的に利用すること。ストレートは肩関節の回転を強調した指導を、ライズでは肘関節をより積極的に利用するように指導することが有効であると考えられた。

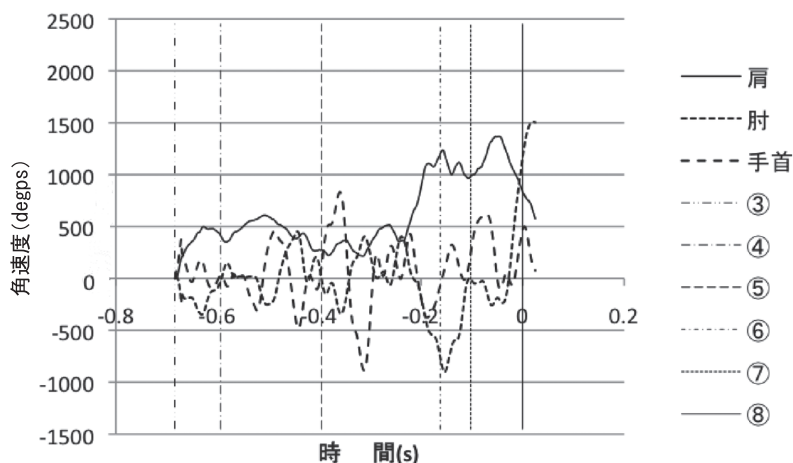


図 2. ストレート（投球 No.S6）投球時の上肢の関節周りの角速度

図中縦線③～⑧は図1.・表2. のフォームならびに番号に対応し、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。

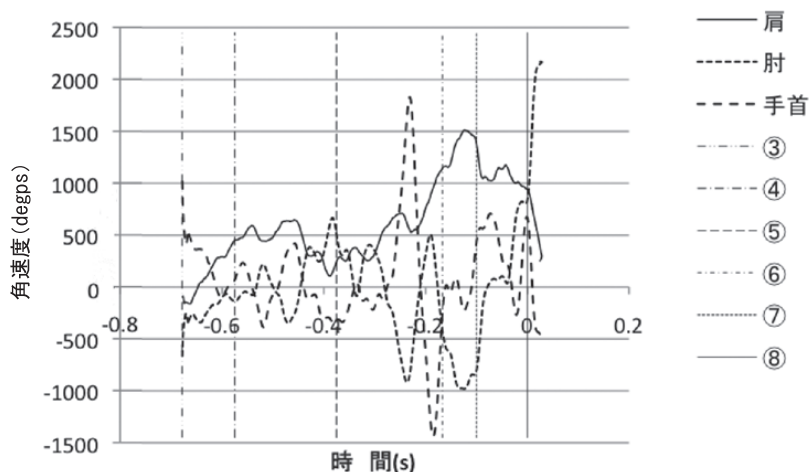


図 3. ライズ（投球 No.R9）投球時の上肢の関節周りの角速度

図中縦線③～⑧は図1.・表3. のフォームならびに番号に対応し、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。

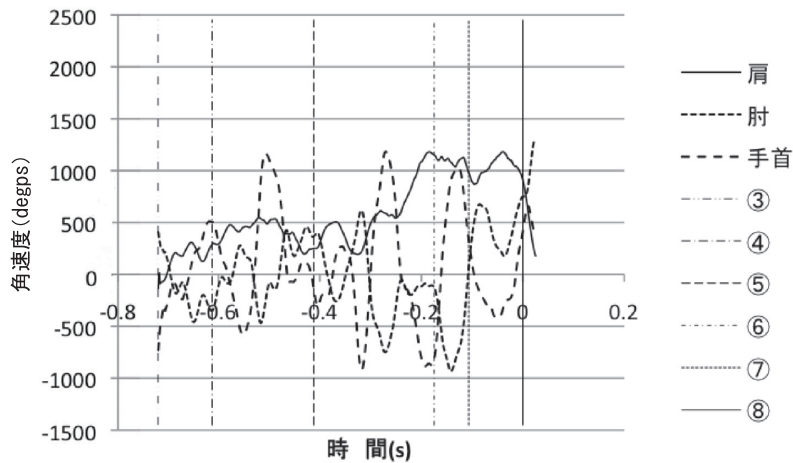


図4. チェンジアップ（投球 No.C2）投球時の上肢の関節周りの角速度

図中縦線③～⑧は図1.・表4. のフォームならびに番号に対応し、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。

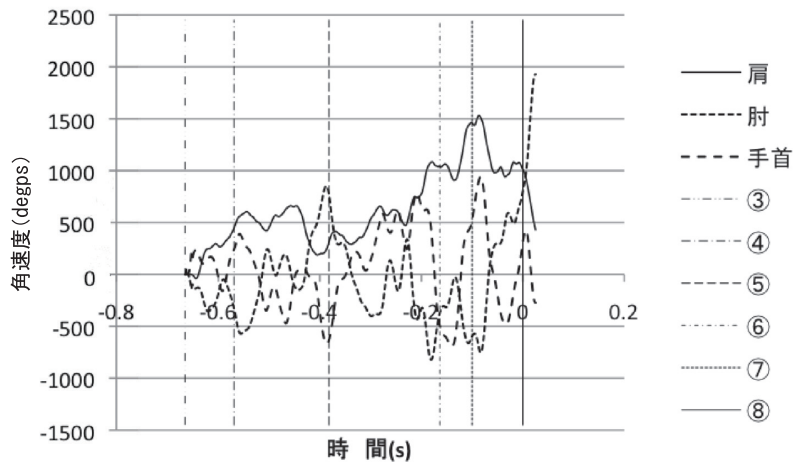


図5. ドロップ（投球 No.D2）投球時の上肢の関節周りの角速度

図中縦線③～⑧は図1.・表5. のフォームならびに番号に対応し、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。

Ⅳ. 要約

ウインドミル投法で4種の球種を投球させ高速度撮影(600fps)を行い球種による動作の相違について検討を行い以下の知見を得た。

1. チェンジアップはストレート、ライズ、ドロップに比して低い初速度を示し、その要因として動作時間の長さ、上肢の回転速度の低さが認められた。
2. ストレートは肩関節周りの回転を大きく利用した投法であることが認められた。
3. ライズは肘関節の伸展をより積極的に利用していることが認められた。

以上のことから、ウインドミル投法で変化球の投球を指導するにあたっては上記3点に留意することが有効であると考えられた。

文献

- 1) 淵本隆文・伊藤 章・金子公有(1984)ソフトボールウインドミル投法における速度の決定要因、走・跳・投・打・泳運動における“よい動き”とは:119-122
- 2) 日本ビクター株式会社、JVC GZ-X900取扱説明書:36-37
- 3) 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
- 4) 奥野暢通(2011)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、四天王寺大学紀要第52号:185-192
- 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
- 7) 吉野みね子(1970)ソフトボールにおけるピッチングの動作分析および筋電図学的研究—ウインドミル投法とスリングショット投法について—、東京女子体育大学紀要5:115-118
- 8) Zollinger,R.L. (1973) Mechanical analysis of windmill fast pitch in women's softball. Res.Quart.44:290-300

