

高校女子ソフトボール投手におけるウィンドミル投法のバイオメカニクスの分析
—投球中の重心速度と投球速度との関係—

綿谷貴志

八戸学院大学

キーワード:ソフトボール, ウィンドミル, 重心速度, 投球速度

【要 旨】

ウィンドミル投法は、ソフトボール競技にとって最も主流な投法である。本研究では、ウィンドミル投法中の重心速度と投球速度との関係について検証した。被験者は高校女子ソフトボール投手 16 名であった。試技はウィンドミル投法によるストレート 5 球とし、投球速度が最も大きかった試技を動作分析の対象とした。投球動作を「キック局面」「踏み出し局面」「リリース局面」の 3 局面に分け、それぞれの重心平均速度を算出した。その後、各局面の重心平均速度と投球速度との相関分析を行った。その結果、キック局面および踏み出し局面における重心平均速度と投球速度との間に有意な相関関係が認められた。また、投球速度を向上させるうえでは、キック局面から踏み出し局面にかけて大きな重心速度を發揮し、リリース局面では重心速度を急激に減少させることが重要であることも示唆された。

スポーツパフォーマンス研究, 8, 429-437, 2016 年, 受付日: 2016 年 3 月 7 日, 受理日: 2016 年 10 月 31 日

責任著者:綿谷貴志 〒031-8588 八戸市美保野 13-98, wataya-takashi@hachinohe-u.ac.jp

**Biomechanical analysis of the windmill pitching method
as used by high school girl softball pitchers**

Takashi Wataya

Hachinohe Gakuin University

Key words: softball, windmill pitching method, movement of center of gravity,
ball speed

【Abstract】

Windmill pitching is a typical pitching method in softball. The present study examined the relationship between the pitcher's center of gravity and ball speed when doing windmill pitching. The participants were 16 high school girl softball pitchers. Each of them did straight pitching using the windmill method five times. For each pitcher, her

pitch with fastest ball speed was chosen for the analysis. The pitching motions were divided into three phases, i.e., kicking, stepping-out, and releasing. The average speed of the center of gravity in each phase was calculated, and the correlation between the average speed and ball speed determined. The results revealed a significant correlation between average speed of the center of gravity and ball speed in the kicking and stepping-out phases. This suggests that, in order to increase ball speed, the speed of the center of gravity must increase in the kicking and stepping-out phases, and should be sharply reduced in the releasing phase.

I. 諸言

ソフトボール投手の投法は大きく分けて 3 つのタイプ(ウインドミル, スリングショット, フィギュアエイト)がある. 中でもウインドミル投法(図 1)は, ソフトボール投手にとって最も主流なものとして広く用いられている(奥野, 2012). ウインドミル(windmill)が「風車」を意味しているように, 肩を中心として投球腕を一回転させるのが最大の特徴であり, その回転速度を高めることによって, より高いボール速度を獲得できる(奥野, 2011).



図 1. ウインドミル投法の連続写真

ウインドミル投法のもうひとつの特徴として, 地面を蹴って前方に跳び出す動作(ステップ)があり, その重要性も多くの指導書で述べられている. 「スピードのある球を投げるには, ダッシュのような力強く勢いのあるステップが必要だ」(田中, 2001)や, 「キレのあるボールを投げるためには, 足のステップと重心移動が大切」(宇津木, 2007)などの表現がみられ, 下半身強化のトレーニングも紹介されるなどしている. 先行研究では, 奥野ほか(1991)が, 競技力の優れたソフトボール投手 1 名の特徴を調べたところ, 他の選手よりも投球中の重心速度が大きかったことから, ウインドミル投法における軸脚の後方へのキックの重要性を述べている.

これらのことは, ウインドミル投法中の後方へのキック動作によって発揮される重心速度と投球速度との関係性を示唆するものと考えられるが, 双方の関係性を統計的手法で検討するには至っていない.

そこで, 本研究では高校女子ソフトボール投手を対象とし, ウインドミル投法中の重心速度と投球速度との関係を相関分析によって検討することで, その関係性の有無を明らかにしようとした.

II. 方法

1. 被験者

本研究の被験者は, ウインドミル投法を専門投法としている高校女子ソフトボール投手 16 名(年齢 15.8 ± 0.9 歳, 身長 1.62 ± 0.05 m, 体重 57.1 ± 7.4 kg, 全員が右投げ)であった. なお, 被験者のソフトボール競技歴は 6.7 ± 1.4 年, 投手歴は 6.4 ± 1.6 年であり, 長期にわたって投球不能になった傷害の既往歴を持つ被験者はいなかった. また, 実験前に被験者全員が投球腕に関する傷害を有していないことを確認し, 実験の目的, 方法, 伴う危険性を十分に説明し, 実験参加への同意を得た.

2. 撮影方法

撮影は異なる 3 ヶ所のソフトボール球場で行われた. それぞれが高校女子ソフトボール競技のルー

ルに準じており、公式試合で使用されている球場であった。被験者には試技前に各自でランニング、ストレッチ、投球練習等の十分なウォーミングアップを行ってもらった。試技には 3 号球ソフトボールを使用し、ウインドミル投法によるストレート 5 球とした。試技は静止ルール(投球方向を向き 2~10 秒間静止する)とプレートルール(投球時はプレートに軸脚を残したまま片方の脚を踏み出す)を適用し、試合を想定して全力で行うように口頭で指示をした後に行った。選手側方(三塁ベース側)に固定したハイスピードカメラ(CASIO 社製, EX-F1, シャッタースピード 1/1000 秒, 撮影速度 300fps)で投球動作を撮影し、捕手の真後ろに設置したスピードガン(MIZUNO 社製, 2ZM-1035)によって各試技の投球速度を計測した(図 2 参照)。計測された投球速度のうち、値が最も大きかった試技を動作分析の対象とした。なお、ストライクゾーンから明らかに外れた場合は無効試技とした。

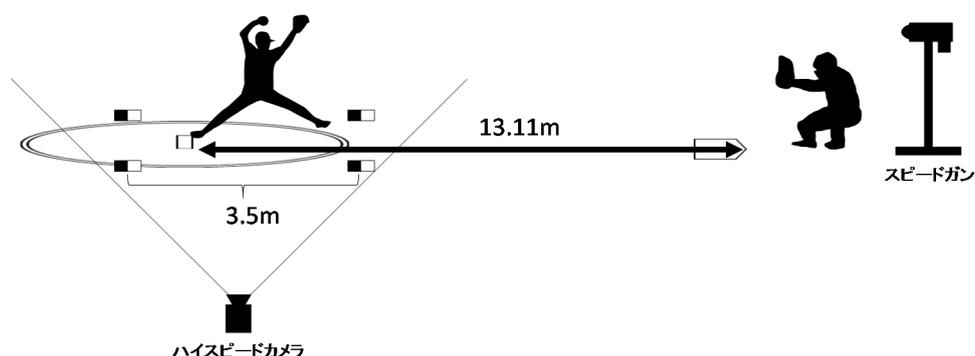


図 2. 実験図

3. 分析方法

撮影した動画をパーソナルコンピュータに取り込み、投球中の被験者の身体各部分 23 点と校正マーク 4 点をデジタイズした。その後、4 点実長換算法によって身体各部分の座標値を実長換算化し、得られた二次元座標値を、Butter worth digital filter によって遮断周波数 6Hz で平滑化した。得られた座標値をもとに身体を頭部、体幹、左右の上腕、前腕、手、大腿、下腿、足の 14 部分からなるリンクセグメントにモデル化した。その後、阿江(1996)のアスリート用の身体部分慣性係数によって算出された各セグメントの部分重心を用い、全身の身体重心の座標値を求めた。なお、本研究ではボールの質量はないものとして身体重心の座標を算出している。

本研究では、図 3 のように局面を定義した。被験者全員が右投手であったため、地面を蹴るのが右脚(軸脚)、前方に踏み出すのが左脚(踏込脚)であった。左脚の足部が地面から離れる瞬間(左脚離地時)から、右脚の足部が地面から離れる瞬間(右脚離地時)までをキック局面とした。右脚離地時から左脚の足部が再び地面に触れた瞬間(左脚接地時)までを踏み出し局面とした。撮影した動画をもとに、ボールが手部から離れる瞬間(リリース時)を読み取り、左脚接地時からリリース時までをリリース局面とした。各局面の重心変位を算出し、各局面に要した時間で除すことにより、各局面の重心平均速度を算出した。

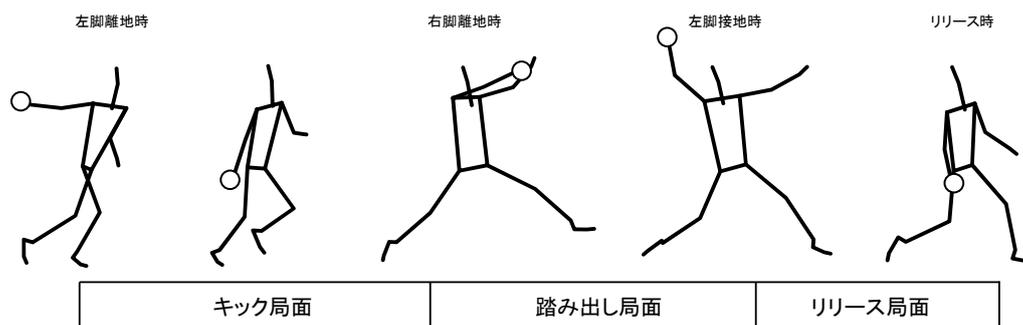


図 3. 局面の定義

4. 統計処理

投球速度と各局面の重心平均速度との関係は、ピアソンの積率相関係数を用いて検討した。統計処理は Microsoft Excel 2013 (Microsoft 社製) で行い、本研究における有意水準は 5%未満とした。

Ⅲ. 結果およびトレーニング現場への示唆

図 4 は、各局面の重心平均速度と投球速度との関係を示したものである。キック局面および踏み出し局面の重心平均速度と投球速度との間にそれぞれ有意な正の相関関係が認められたが ($r=0.652$, $r=0.691$, いずれも $p<0.01$), リリース局面の重心速度との間には有意な相関関係は認められなかった。

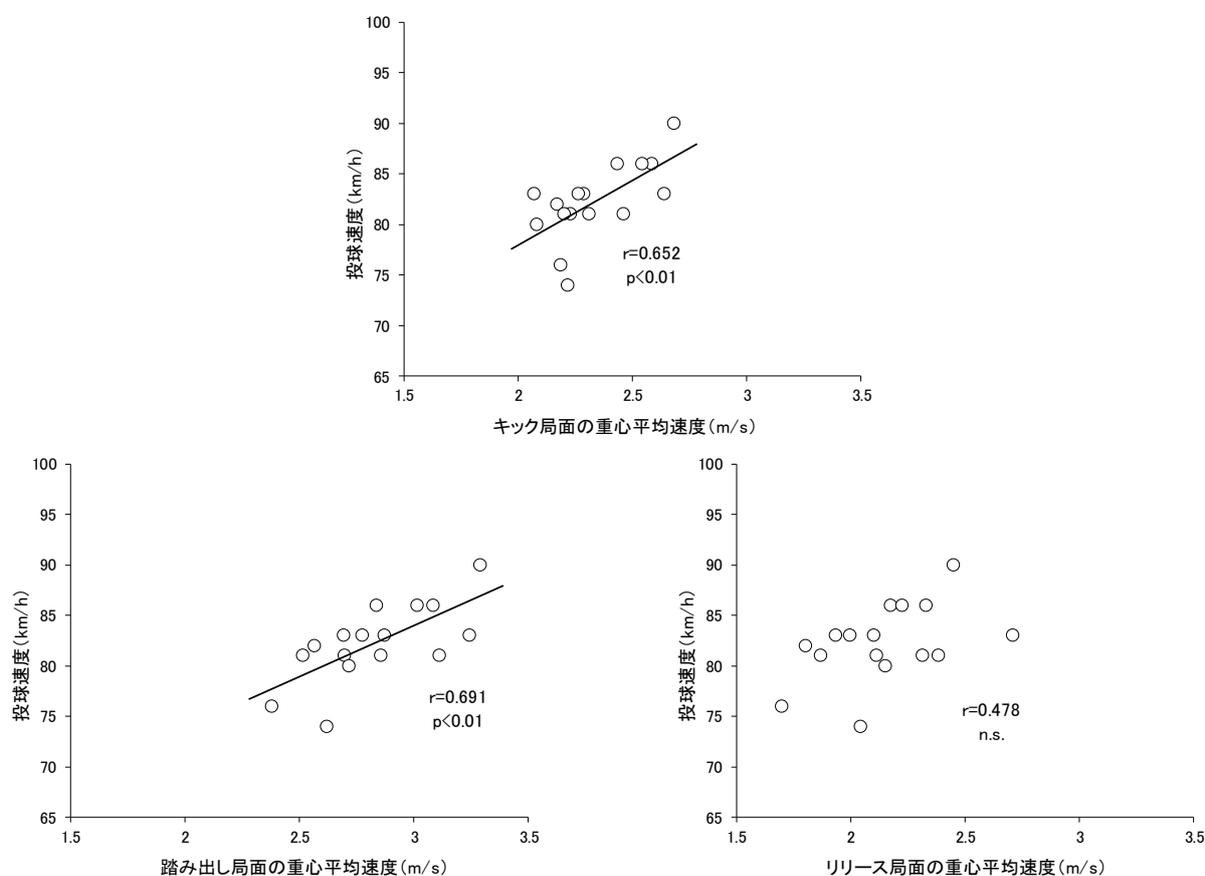


図 4. 各局面の重心平均速度と投球速度との関係

奥野ほか(1991)は、ウインドミル投法中の重心速度が低値を示した選手1名の腓腹筋や大腿直筋の放電量が少なかったことから、ステップ動作時の軸脚のキック力の大きさもボール速度に關与する要因である可能性を示唆している。本研究で得られた結果とあわせて考えると、ウインドミル投法では投球腕の動作(福島・小嶋, 2000;小嶋, 2012)に加え、軸脚のキック力を高めることによって重心速度が増大し、それによって投球速度を向上できる可能性があるかと推察できるだろう。

ソフトボール投手特有の動きであるステップ動作の軸脚に着目したとき、軸脚で地面をキックすることによって身体重心を前方に素早く運ぶという点は、陸上競技の短距離走のキック動作と似ている。短距離走の加速局面では、下肢を後方へスイングするための股関節伸展筋群の働きが重要であり、スタート直後の加速力には膝関節伸展筋群と足関節底屈筋群の働きも重要であることが報告されている(伊藤ほか, 1997)。

ウインドミル投法も短距離走の加速局面のように、重心速度がほぼゼロの状態から身体を前方へと加速させている。このことから、ソフトボール投手の下肢関節の発揮パワーを向上させることにより、ステップ時の重心速度を増大させることができるのではないかと考えた。下肢関節の発揮パワーを向上させる上で効果的であるとされるデプスジャンプ、バウンディング、メディシンボール投げなど、その有効性が示唆され推奨されているトレーニングもある(図子・高松, 1995; 荊山・図子, 2013; 酒井ほか, 2013)。それらトレーニングをソフトボール投手にも積極的に処方することによって、ウインドミル投法中の重心速度を高められる可能性がある。

投球中の重心速度に関して、さらに詳細に検討してみる。図5は、投球中の各局面の重心速度の変化を示したものである。被験者ごとに、水平方向への重心変位を時間微分することで単位時間ごとの重心速度を求めた。その後、各局面の重心速度を局面に要した時間を100%として規格化し、1%ごとに被験者16名分の平均値を算出している。その変化をみてみると、重心速度はキック局面から踏み出し局面にかけて最大になり、その後のリリース局面では急激に減少する傾向がみられた。

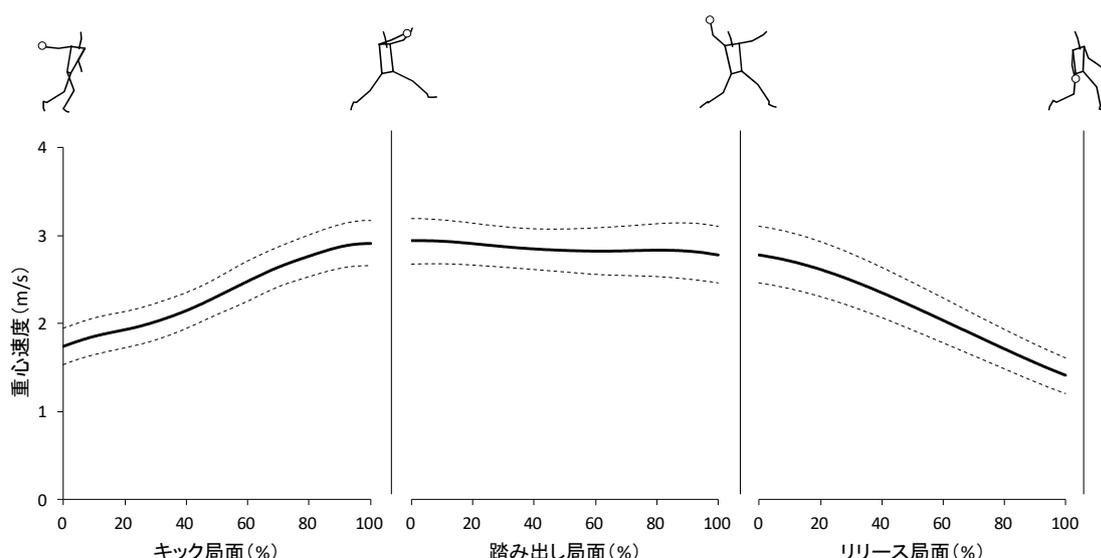


図5. 投球中の重心速度の変化

投球中の重心速度の急激な減少は、野球投手においてもみられる。蔭山ほか(2015a)は、大学野球投手を対象として、投球速度が大きい投手は軸脚で投球方向への地面反力を高めることで身体重心の運動量を増大し、その後の踏込脚の接地では投球方向と逆向きの地面反力を増大することにより、身体重心の運動量を急激に減少させていたことを報告している。そして、その現象と運動連鎖の原則から、投球速度が大きい投手は軸脚による大きな加速と踏込脚による大きな減速によって体幹と投球腕のエネルギーを増大させることで、ボールの進行方向へのエネルギーを高めていた可能性を示唆している。本研究ではフォースプレートを使用しておらず、投球中の地面反力に関しては言及できないが、踏込脚接地後の重心速度の急激な減少という共通点がみられた。

そこで、被験者ごとの重心速度減少量(投球中の重心速度最大値と最小値との差)を求め、投球速度との関係を検討したところ、双方の間には有意な正の相関関係が認められた(図 6, $r=0.505$, $p<0.05$)。この結果より、ソフトボール投手においても野球投手同様、踏込脚の接地によって大きなブレーキ力を発揮することも、投球速度を向上させるうえで重要である可能性が示唆された。

野球投手において、踏込脚は軸脚によって得られた体重移動を支える役割を持つ。踏込脚に作用する投球方向と逆向きの地面反力の増大は、投球速度を向上させるうえで重要であり、その地面反力を増大させるためには、接地後に踏込脚膝関節の変化を小さくする必要があることが報告されている(島田ほか, 2004; 蔭山ほか, 2015a)。これらの知見と本研究の結果から、ソフトボール投手においても、身体重心に大きなブレーキ力を作用させることは重要であり、そのためには接地後に踏込脚関節角度の変化を小さくすること、いわゆる踏込脚の“つぶれ”が生じないようにすることが必要であると考えられた。この点からも、前述したような下肢関節の発揮パワーの向上を目的としたトレーニングは有効であるといえる。

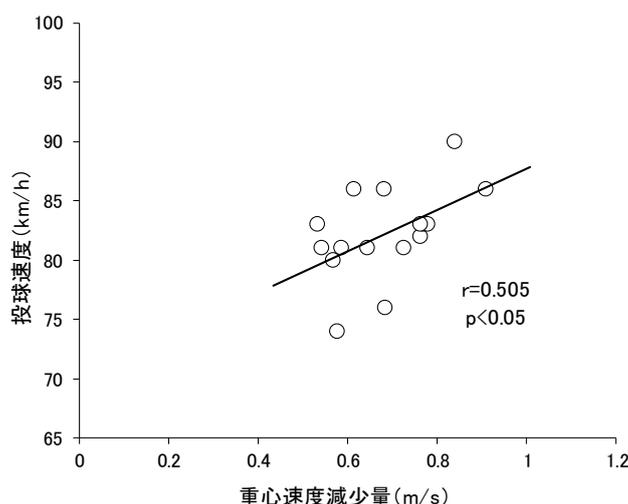


図 6. 重心速度減少量と投球速度との関係

IV. まとめと今後の課題

以上のことから、ウィンドミル投法中の重心速度と投球速度との関係性が示され、投球速度を高めるためには、軸脚によって投球方向への大きな重心速度を獲得し、その後の踏込脚の接地によって重心

速度を急激に減少させる必要があるという点から、下肢の筋力・パワーの向上を目的としたトレーニングが有効であると考えられた。

しかしながら、ソフトボール投手を対象にトレーニング方法を検討した研究・報告は不足しているのが現状であり、本稿で挙げているものは本研究での結果と先行研究から推測したもの過ぎない。類似した競技である野球では、筋力・パワー特性と投球速度との関係(勝亦ほか, 2006;比留間・尾縣, 2011)や、投球速度の向上を目指したトレーニング方法の提案(蔭山・前田, 2013;蔭山ほか, 2015b)など、多くの報告がされているように、ソフトボール選手を対象としたトレーニング実践系の知見を蓄積していく必要があるだろう。また、本研究では高校女子ソフトボール投手のみを対象としたため、今後は年代や性差の異なる被験者を用いた検討も行う必要がある。それらを加味し、バイオメカニクス・体力的な観点から詳細な分析をしていくことで、ソフトボール指導の現場に役立つ資料を提供することができるだろう。

参考文献

- ・阿江通良(1996)日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数. Jpn J Sports Sci, 15(3):155-162.
- ・福島豊司, 小嶋武次(2000)全日本女子ソフトボール投手の投球腕の動作分析. 日本体育学会大会予稿集, 51:254.
- ・比留間浩介, 尾縣貢(2011)各種パワー発揮能力からみた野球選手における投手と野手の体力特性:フィールドテストのデータをもとに. 体育学研究, 56:201-213.
- ・伊藤 章, 斉藤昌久, 淵本隆文(1997)スタートダッシュにおける下肢関節のピークトルクとピークパワー, および筋放電パターンの変化. 体育学研究, 43:71-83.
- ・蔭山雅洋, 前田 明(2013)真下投げトレーニングにおける段階的プログラムの一例とその効果～中学野球投手3ヶ月間の指導における事例～. スポーツパフォーマンス研究, 5:90-101.
- ・蔭山雅洋, 鈴木智晴, 岩本峰明, 杉山 敬, 前田 明(2015a)大学野球投手における投球動作中の地面反力の経時的変化および力積が投球速度に及ぼす影響. 九州体育・スポーツ学研究, 29(2):21-32.
- ・蔭山雅洋, 鈴木智晴, 藤井雅文, 前田 明(2015b)傾斜台を用いた投球トレーニングが投球速度および投球動作に及ぼす即時的効果—ある小学野球投手の場合—. スポーツパフォーマンス研究, 7:42-54.
- ・荻山 靖, 関子浩二(2013)陸上競技跳躍種目のパフォーマンス向上に対するバウンディングとリバウンドジャンプの使い方に関するトレーニング学的研究. トレーニング科学, 25:41-53.
- ・勝亦陽一, 長谷川伸, 川上泰雄, 福永哲夫(2006)投球速度と筋力および筋量の関係. スポーツ科学研究, 3:1-7.
- ・小嶋武次(2012)ソフトボール・ウインドミル投法でのブラッシングの役割. 日本体育学会大会予稿集, 63:159.
- ・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.

- ・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—指導法に関する基礎的研究—. 四天王寺大学紀要, 52:185-192.
- ・奥野暢通(2012)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相違について—変化球投法の指導法に関する基礎的研究—. 四天王寺大学紀要, 53:265-274.
- ・酒井一樹, 吉本隆哉, 山本正嘉(2013)陸上競技短距離選手における疾走速度, ストライドおよびピッチとメディシンボール投げ能力との関係. スポーツパフォーマンス研究, 5:226-236.
- ・島田一志, 阿江通良, 藤井範久, 川村 卓, 高橋佳三(2004)野球のピッチング動作における力学的エネルギーの流れ. バイオメカニクス研究, 8(1):12-26.
- ・田中大鉄(2001)ソフトボール上達 BOOK. 成美堂出版, pp76-77.
- ・宇津木妙子(2007)いちばんわかりやすいソフトボール入門. 大泉書店, pp8-9.
- ・関子浩二, 高松 薫(1995)リバウンドドロップジャンプにおける踏切時間を短縮する要因: 下肢関節の仕事と着地に対する予測に着目して. 体育学研究, 40:29-39.