

## 女子プロ野球選手における投球時の手指動作が ボール速度およびボール回転数におよぼす影響

水谷未来<sup>1)</sup>, 鈴木智晴<sup>1)</sup>, 藤井雅文<sup>1)</sup>, 杉浦綾<sup>2)</sup>, 松尾彰文<sup>1)</sup>, 前田明<sup>1)</sup>, 福永哲夫<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>鹿屋体育大学

<sup>2)</sup>日本女子プロ野球リーグ

キーワード: ボール速度, ボール回転数, 三次元動作解析

### 【要旨】

本研究の目的は, 女子プロ野球選手を対象に, 投球時の手指動作がボール速度およびボール回転数におよぼす影響について明らかにすることである. 被検者は女子プロ野球投手 4 名であった. 被検者は 18.44m 先の捕手に向かって全力投球を 10 球行った. 投球動作およびボールの速度と回転数を, モーションキャプチャシステムおよびドップラーレーダー式ボールトラッキングシステムを用いて, それぞれ計測した. その結果, 身体各部位の投球方向への最大速度は, 肘, 手首, 指先の順に高くなる傾向を示し, ボールリリース時点では, 指先の動作とボール速度がほぼ同じ値を示した. 以上の結果は, 指先の速度がボール速度を決定する重要な要因であることを示唆している. 更に, ボール速度が高い選手の特徴として, 手首と指先の最大速度出現時間に顕著な差がみられた事があげられた. また, ボール回転数が高い選手の特徴として, リリース直前の指節間関節の掌屈角度が大きく, かつその角速度が高いことが観察された.

スポーツパフォーマンス研究, 9, 288-297, 2017 年, 受付日: 2016 年 12 月 27 日, 受理日: 2017 年 6 月 20 日

責任著者: 水谷未来 〒891-2393 鹿児島県鹿屋市白水町 1 番地 mizutani@nifs-k.ac.jp

\*\*\*\*\*

### **Influence of finger motions during pitching on ball speed and ball spin rate in female professional baseball players**

Mirai Mizutani<sup>1)</sup>, Chiharu Suzuki<sup>1)</sup>, Masafumi Fujii<sup>1)</sup>, Aya Sugiura<sup>2)</sup>, Akifumi

Matsuo<sup>1)</sup>, Akira Maeda<sup>1)</sup>, Tetsuo Fukunaga<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

<sup>2)</sup> Japan Women's Baseball League

Key words: ball speed, spin rate, three-dimensional motion analysis

**[Abstract]**

The present study examined effects of female professional baseball players' finger motions during pitching on the velocity and spin rate of the ball. Four female professional baseball players pitched to a catcher who was 18.44 m away. Their pitching motions and the velocity of the balls were tracked by an optical motion-capture system. Ball spin was measured by a Doppler radar tracking system. The results showed that the maximum velocity of each part of the body in the pitching direction had a tendency to increase in order of elbow, wrist, and fingertips, and that, at the point of ball release, the velocity of the fingertips and the ball was almost the same. These results suggest that the velocity of the fingertips is an important factor in determining the speed of the ball. Furthermore, those players who made high-speed pitches showed a marked difference in the time of appearance of the maximum speed between the wrist and the fingertips. In addition, those players whose pitched balls had high spin rates had a high flexion angle of the finger joints immediately before release, and the angular velocity was high.

## I. 緒言

近年、女子野球が普及し、野球を競技として行う女性の人口が増えている。2009年に日本女子プロ野球機構が設立され、翌年2010年には女子プロ野球リーグも創立された。また、2004年より2年おきに世界野球ソフトボール連盟(WBSC)が主催する、WBSC女子野球ワールドカップが行われている。これまでに6大会行われており、日本は2008年、2010年、2012年、2014年、2016年に優勝しており、日本の女子野球選手のレベルは非常に高いといえる。

これまでに投手(野球)の投球動作に関する研究は数多く行われている。投球時の動作を分析した研究では、身体各部位の最大速度は腰、肩、肘、手首の順に出現し、身体の中心部から末端部位へと時間の遅れを伴って速度が高まる事が報告されている(阿江・藤井, 2002a)。そして、手指の動きとボール速度の関係を研究した報告では、ボール速度の高い選手の特徴として、ボールリリース時の指先の速度が高い傾向があることが報告されている(高橋ほか, 2000)。また、宮西ほか(1996)は、ピッチング動作時の手関節の掌屈および指関節間関節の屈伸運動とボール速度との関係を明らかにし、リリース直前では、手指部の動作がボール速度に大きく関与していると推察している。また、ボール速度とボール回転数との間には高い正の相関関係があることが報告されている(神事ほか, 2008; Nagami et al., 2011)。手の動きとボールの回転との関係について検討を行った研究では、リリース直前の手の向きによってボールの回転方向が決定されることが報告されている(Jinji et al., 2011)。しかし、これら研究の多くは男子野球投手を対象にしており、女子野球選手を対象にした研究は少ない。さらに、競技レベルが最も高いと考えられる女子プロ野球投手を対象に、手指の動きとボール回転数との関係について検討を行った研究は見当たらない。

投球動作におけるリリース直前の手指の動作やボールの回転は、高速でかつ複雑な動きであることから、これまで、手指の動き、ボール速度、ボール回転数を同時に測定した研究はほとんど見られない。しかし、近年、高速な動きを測定可能なモーションキャプチャシステム、投球されたボールの回転数を測定可能なドップラーレーダー式ボールトラッキングシステムを用いることで、これらのデータを同時に取得することが可能になってきた。

そこで本研究では、女子プロ野球選手を対象に、投球時の手指動作およびボールの速度と回転数を測定し、投球時の手指動作がボールの速度および回転数におよぼす影響について明らかにすることを目的とした。

## II. 方法

### 1. 被検者

被検者は、女子プロ野球投手4名(年齢:  $19.5 \pm 0.6$  歳, 身長:  $1.67 \pm 0.78$  m, 体重:  $62.0 \pm 9.5$  kg)であり、全ての投手が右投げであった。本研究は、鹿屋体育大学倫理審査小委員会に倫理審査申請書を提出して承諾を受けた。被検者には測定の目的、方法を説明した後、書面にて参加の同意を得た。

## 2.測定内容

測定に先立って、被検者はランニングおよびストレッチングなどのウォーミングアップを十分に行い、室内のマウンドにて投球練習を行わせた。その後、被検者は 18.44m 先の捕手に向かって、直球を全力で 10 球投げた。測定で使用したボールは、硬式用大学試合球(JUBF, ミズノ社製)であった。

## 3.測定方法

投球動作は光学式 3 次元動作解析システム Mac3D (Motion Analysis 社製, 1000Hz)を用いて測定した。被検者の身体各部位に貼付した反射マーカを、同期された 12 台の Raptor-E カメラにより撮影し、基幹ソフトウェアである Cortex 6.0.0 (Motion Analysis 社製)を用いて 3 次元座標を計測した(動画 1)。反射マーカの貼付位置は、右肩峰, 右肘頭, 右手首, 中指及び示指の中手指節関節(MP), 近位指節間関節(PIP), 指先(EIP), ボール 2 点(x 軸に平行なボールの直径の両端)計 11 点とした(図 1)。座標系は、三塁側方向を X 軸正方向, 投球方向を Y 軸正方向, 鉛直上方向を Z 軸正方向とした。Mac3D のキャリブレーション精度は、3 次元空間における誤差は  $0.48 \pm 0.15$  であった。身体各部位の 3 次元座標は、数値解析ソフトウェア (MATLAB R2015a, The Math Works 社製)を用い、遮断周波数 70Hz による位相ずれなしの 4 次の Butterworth 型デジタルフィルタによって平滑化した。ボールの回転数はドップラーレーダー式ボールトラッキングシステム TRACKMAN (TRACKMAN 社製)を用いて測定した。



図 1 マーカー位置

## 4.測定項目

本研究では、右肘頭, 右手首, MP, PIP, EIP およびボールの速度, 指節間関節角度, 指節間関節角速度, ボールの回転数に着目して以下の項目を算出した。分析区間はボールリリースの 100 ms 前から、ボールリリース時までとした。ボールリリース時は、中指 EIP 速度最大値が出現した時間と定義した。マーカの欠損がある試技は排除し、その中で速度が高かった 5 試技を各被検者のデータとし、5 球の平均値および標準偏差をそれぞれ算出した。

(1) ボール速度および身体各部位の速度

ボールに貼り付けた 2 点のマーカーの中心座標をボールの中心座標と定義した。ボール速度および身体各部位の速度は、それぞれのマーカー座標を三点微分法(阿江・藤井, 2002b)によって時間微分することにより投球方向の速度を算出した。なお、ボールと最も長く接している指は中指であったことから、MP, PIP, EIP に関するデータは中指のみ算出した。

(2) 指節間関節角度および角速度

指節間関節角度は、中指 MP と中指 PIP を結んだ線分が中指 PIP と中指 EIP を結んだ線分となす角度と定義した。指節間関節角速度は、手指関節角度を三点微分法(阿江・藤井, 2002b)によって時間微分することにより算出した。背屈方向を正の方向、掌屈方向を負の方向とした。なお、指節間関節角度および角速度に関するデータは中指のみ算出した。

(3) ボール回転数

リリース時のボール回転数はドップラーレーダー式ボールトラッキングシステム TRACKMAN (TRACKMAN 社製)を用いて計測した。TRACKMAN から得られた回転数は、1 分間当たりの回転数であることから、1 秒あたりの回転数に変換した。Nathan et al. (2014)はハイスピードカメラで計測したボール回転数と TRACKMAN で計測したボール回転数の比較を行い、同様な値を示していることを報告している。

## 5. 統計処理

独立変数を、ボール速度の最大値、EIP 速度の最大値とし、各変数間の相関関係を確認するために Pearson の積率相関係数を算出した。検定には統計処理ソフト IBM SPSS Statistics 22 (IBM 社製)を用い、いずれも危険率 5%未満で有意差ありとした。

## III. 結果

図 2 は各被検者の、ボール速度および身体各部位の速度の典型例を示している。表 1 は、ボールおよび身体各部位の最大速度を示している。全ての被検者において、肘速度、手首速度、MP 速度、PIP 速度、EIP 速度の順に最大速度が高い傾向が見られた。図 3 は、EIP の最大速度とリリース時のボール速度との関係を示している。EIP の最大速度とボール速度はほぼ同じ値を示し、両者の間には非常に高い正の相関関係が認められた ( $r=0.979$ ,  $p<0.001$ )。

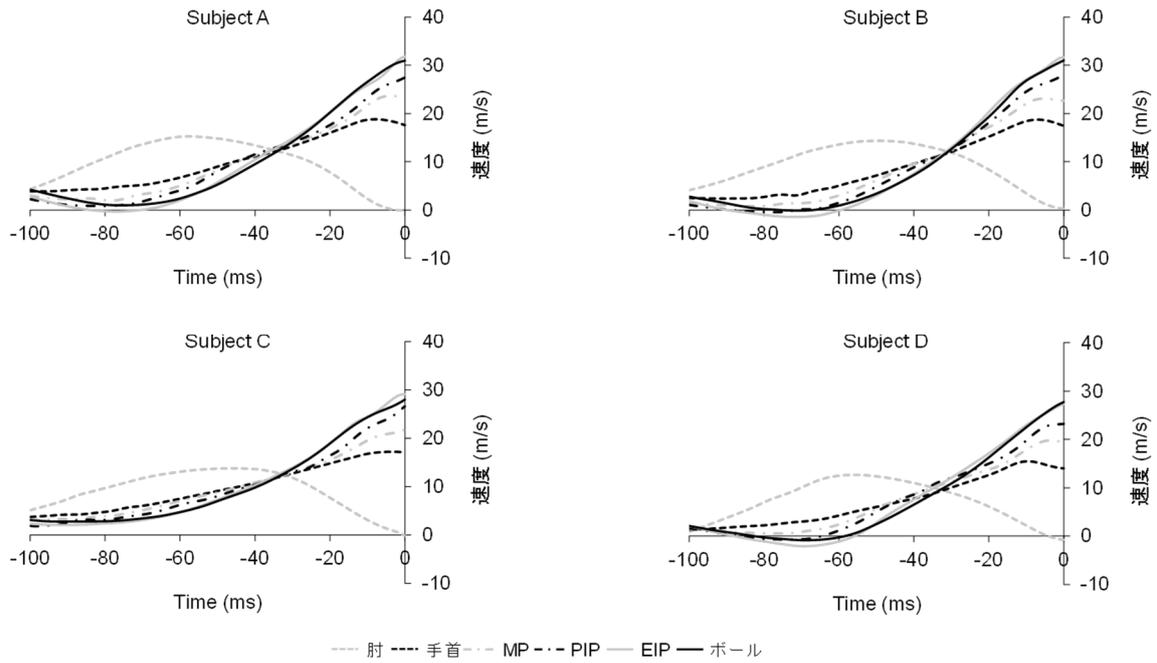


図 2 ボールおよび身体各部位の速度

表 1 ボール速度および身体各部位の最大速度

(平均値±標準偏差)

	肘速度 (m/s)	手首速度 (m/s)	MP速度 (m/s)	PIP速度 (m/s)	EIP速度 (m/s)	ボール速度 (m/s)
Subject A	15.4±0.2	18.7±0.2	23.7±0.2	27.7±0.5	32.4±0.4	32.0±0.3
Subject B	14.5±0.1	18.7±0.2	23.1±0.2	28.0±0.3	31.5±0.3	31.0±0.4
Subject C	13.7±0.1	17.1±0.2	21.4±0.4	25.9±0.6	28.9±0.4	28.4±0.6
Subject D	12.6±0.2	15.4±0.2	19.6±0.3	22.9±0.4	26.7±0.5	26.4±0.8

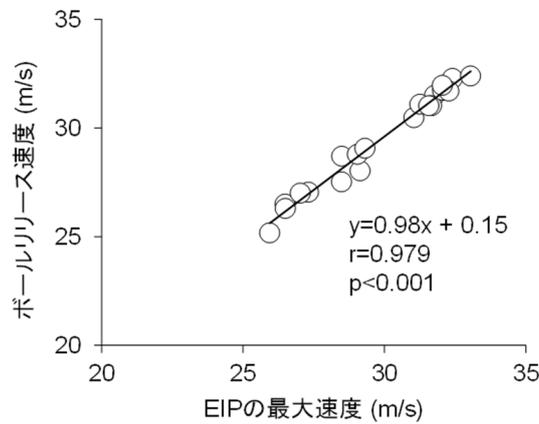


図 3 EIP の最大速度とボールの最大速度との関係

表 2 は、各部位の最大速度出現時間、MP<sub>max</sub> 時のボール速度および、ボール速度の増加量を示している。最大速度出現時間は、ボールリリース時から、各部位の最大速度出現時点までの時間と定義した。ボール速度の増加量は、ボールリリース速度から MP の最大値速度出現時間におけるボール速度との差として求めた。ボールリリース速度が高い Subject A, Subject B は、他の 2 選手に比べてボール速度の増加量が大きい傾向が見られた。また、Subject A, Subject B は肘、手首、MP、PIP の最大速度出現時間の差が顕著であることが確認された。

表 2 最大速度出現時間・MP<sub>max</sub> 時のボール速度・ボール速度の増加量

	(平均値±標準偏差)					
	肘 <sub>max</sub> (ms)	手首 <sub>max</sub> (ms)	MP <sub>max</sub> (ms)	PIP <sub>max</sub> (ms)	MP <sub>max</sub> 時の ボール速度 (m/s)	ボール速度の増加量 (m/s)
Subject A	-58.2±0.8	-8.8±0.4	-4.0±0.7	0.0±0.0	29.9±0.4	2.1±0.6
Subject B	-49.0±1.2	-6.4±0.5	-4.8±0.4	0.0±0.0	28.9±0.6	2.1±0.4
Subject C	-45.8±1.5	-2.8±1.1	0.0±0.0	0.0±0.0	27.8±0.7	0.6±0.9
Subject D	-56.8±1.3	-10.0±0.0	-1.8±0.4	0.0±0.0	25.9±0.5	0.6±0.3

ボール速度の増加量=ボールリリース速度 - MP<sub>max</sub> 時のボール速度

図 4, 図 5 に指節間関節角度および角速度を示した。表 3 に、指節間関節可動幅、押し込み角度、リリース時の手指関節角速度、ボール回転数を示している。指節間関節角度の最大値と指節間関節角度の最小値との差を指節間関節可動幅、指節間関節角度の最大値とボールリリース時の手指関節角度との差を押し込み角度と定義した。これらの図表から明らかのように、Subject B は他の 3 選手に比べて、ボール回転数が高く、また、Subject B は他の 3 選手に比べて、手指関節可動幅が小さく、押し込み角度が大きく、リリース時の手指関節角速度が高い傾向が見られた。

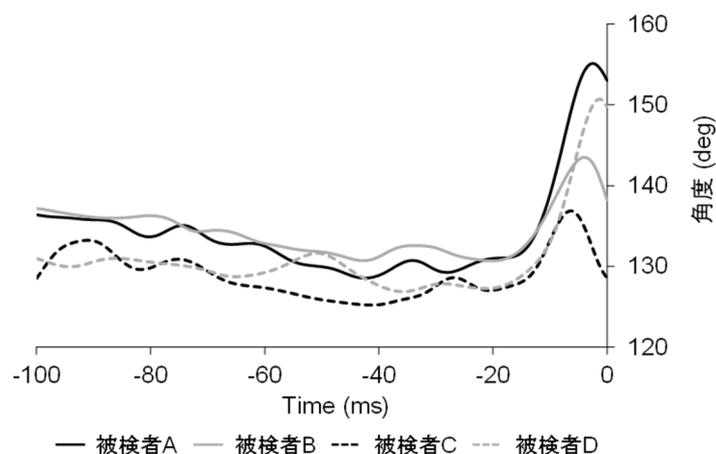


図 4 手指関節角度

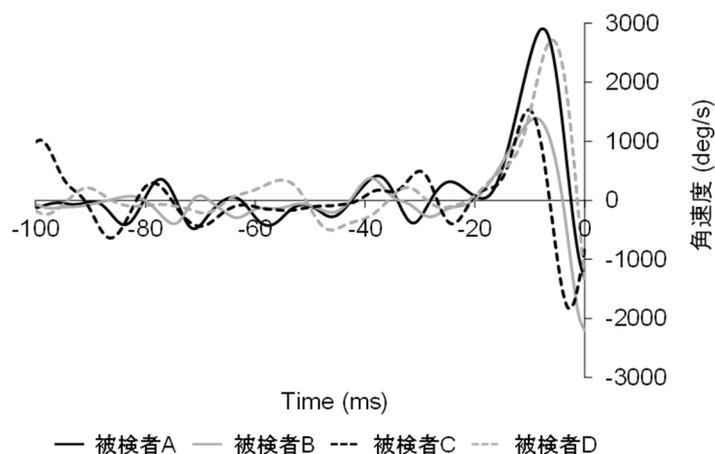


図 5 手指関節角速度

表 3 手指関節可動幅・押し込み角度・リリース時の手指関節角速度・ボール回転数

(平均値±標準偏差)

	指節間関節可動幅 (deg)	押し込み角度 (deg)	リリース時の指節間関節 角速度 (deg/s)	ボール回転数 (rps)
Subject A	26.70±2.0	3.2±1.4	-1694±383	27.0±1.0
Subject B	16.80±2.6	9.1±2.6	-2467±289	32.9±0.8
Subject C	18.70±3.3	7.7±3.2	-1874±198	27.0±1.3
Subject D	25.50±2.9	1.9±1.8	-1446±117	26.0±1.0

$$\text{指節間関節可動幅} = \text{指節間関節角度}_{\text{max}} - \text{指節間関節角度}_{\text{min}}$$

$$\text{押し込み角度} = \text{指節間関節角度}_{\text{max}} - \text{ボールリリース時の指節間関節角度}$$

#### IV. 考察

本研究は、女子プロ野球選手を対象に、投球時の手指動作がボール速度およびボール回転数におよぼす影響について明らかにすることを目的した。その結果、全ての被検者において肘速度、手首速度、MP速度、PIP速度、EIP速度の順に最大速度が高くなる傾向が見られ、また、EIPの最大速度とボールリリース速度はほぼ同じ値を示したことから、EIPの最大速度がボール速度を決定する重要な要因であることが明らかとなった。また、指先の速度およびボール速度が高い選手の特徴として、手首と指先の最大速度出現時間に顕著な差があることが確認された。更に、ボール回転数が高い選手の特徴として、手指関節可動幅が小さく、押し込み角度が大きく、かつリリース時の手指関節角速度が高い傾向がみられた。

本研究では、全ての被検者において肘速度、手首速度、MP速度、PIP速度、EIP速度の順に最大速度が高く、EIPの最大速度とボールリリース速度との間には非常に高い正の相関関係が認められた。高橋ほか(2000)は、社会人野球および大学野球チームの男子投手を対象に、ピッチング時の手指の動きとボール速度増加の関係について、ピッチング時の最大速度は手首、MP、PIP、EIPの順に大きく、ボールリリース速度とEIPの最大速度との間に正の相関関係があることを報告している。これは本研究

の結果と同様である。本研究および先行研究の結果をふまえると、高いボール速度を獲得するには、対象が女子選手であっても指先の速度を高める必要があると言える。

ボールリリース速度が高かった、Subject A, Subject B の特徴として、肘、手首、MP、PIP の最大速度出現時間に顕著な差が見られ、さらに、MP<sub>max</sub> 時からボールリリースまでの時間が長く、この区間でボール速度を他の 2 選手に比べてより加速していることが確認された。高橋ほか(2000)はボール速度の高い男子投手の特徴として、MP<sub>max</sub> 時からボールリリースまでの時間が長く、この区間でよりボールを加速させていることを報告している。本研究の結果は、ほぼ高橋ほか(2000)と同様な結果であった。また、本研究に見られた、各身体部位の速度ピークが時間的にずれながら、身体の中心部から速度が末端へ伝わる傾向は、阿江と藤井の報告(2002a)と同様であった。従って、高いボール速度を獲得できている女子プロ野球投手は、ボールリリース直前の指の動作が男子投手と類似していると示唆できる。

これまでの研究ではボールリリース速度とボール回転数との間には正の高い相関関係があることが報告されているが(神事ほか, 2008; Nagami et al., 2011), 本研究では、ボール速度が高いものほどボール回転数が高いとは限らない傾向が見られた(表 3)。手の動きとボールの回転との関係について検討を行った研究では、リリース直前の手の向きによってボールの回転方向が決定されることが報告されているが(Jinji et al., 2011), 投球時の指の動きがボールの回転数に与える影響にはこれまでに報告されていない。ボール回転数が最も高い値を示した Subject B ではリリース時の手指関節角速度が高い傾向が見られた。全被検者において、ボールリリース直前に手指関節が背屈し、その後掌屈している傾向が見られた。この動きは男子投手でも確認されている(高橋ほか, 2000)。リリース直前、ボールは指先方向へ移動することにより、それまでボールの重心の方向へ加えられていた力の作用が重心から外れ、ボールを回転させるトルクが発生する(宮西, 2005)ことから、リリース時の手指関節角速度が高いことはボール回転数を高める上で重要な要因であることが示唆できる。よって、ボール回転数を高めるためには、リリース直前の指の動きに着目し、手指関節可動幅が小さく、押し込み角度が大きく、かつリリース時の手指関節角速度を高めることを意識することが重要だと考える。

## V. まとめ

本研究は、女子プロ野球選手を対象に、投球時の手指動作がボール速度およびボール回転数におよぼす影響について検討を行った。その結果、以下の特徴が見られた。

- 1) 投球時、肘速度、手首速度、MP 速度、PIP 速度、EIP 速度の順に最大速度が高く、EIP の最大速度とボールリリース速度はほぼ同じ値を示したことから、EIP の最大速度がボールリリース速度を決定する重要な要因である。
- 2) 指先の速度およびボール速度が高い選手の特徴として、肘、手首、MP、PIP の最大速度出現時間がずれている傾向が見られた。
- 3) ボール回転数が高い選手の特徴として、手指関節可動幅が小さく、押し込み角度が大きく、かつリリース時の手指関節角速度が高い傾向が見られた。

## VI. 参考文献

- ・ 阿江通良, 藤井範久(2002a)スポーツバイオメカニクス 20 講. 朝倉書店. 東京, pp. 119-120.
- ・ 阿江通良, 藤井範久(2002b)スポーツバイオメカニクス 20 講. 朝倉書店. 東京, pp. 165-166.
- ・ Jinji, T., Sakurai, S., Hirano, Y. (2011) Factors determining the spin axis of a pitched fastball in baseball. *Journal of Sports Sciences*, 29(7):761-767.
- ・ 神事努, 桜井伸二, 清水卓也, 鈴木康博(2008)発育期の野球投手におけるボールスピンの特徴. *中京大学体育学論叢*, 49(1):21-27.
- ・ Nagami, T., Morohoshi, J., Higuchi, T., Nakata, H., Naito, S., Kanosue, K. (2011) Spin on fastballs thrown by elite baseball pitchers. *Med Sci Sports Exerc*, 43(12):2321-2327.
- ・ Nathan, A.M., Kensrud, J.F., Smith L., & Lang E. (2014). Testing TrackMan: Just how well does TrackMan work? *Baseball Prospectus*, April 2. Retrieved from <http://www.baseballprospectus.com/article.php?articleid=23202>.
- ・ 宮西智久(2005)より速いボールを投げるために 野球の投球動作. *Baseball Clinic*. 5:29-34.
- ・ 宮西智久, 藤井範久, 阿江通良, 功力靖雄, 岡田守彦(1996), 野球の投球動作におけるボール速度に対する体幹および投球腕の貢献度に関する 3 次元的研究. *体育学研究*, 41:23-37.
- ・ 高橋佳三, 阿江通良, 藤井範久, 島田一志(2000)野球のピッチングにおける手および指の動きとボール速度増加の関係. *バイオメカニクス研究*, 4:116-124.