

中3日での登板間隔が 投球フォームや球速の乱れに与える影響 ～学童野球公式戦における準優勝投手の場合～

Throwing Motion and Ball Speed at a Pitching Interval of 3 Days
— Case of a Pitcher Who Finished Second in the Official Baseball Game for School-age Children —

伊藤博一*, 園部 豊*, 原田 長*
砂川憲彦*, 増島 篤*

キー・ワード：pitching interval, fatigue, pitching performance
登板間隔, 疲労, 投球パフォーマンス

【要旨】 本研究の目的は、中3日という短い登板間隔が投球フォームや球速の乱れに与える影響を分析することであった。

対象は、学童野球公式戦の準決勝において先発完投（99球）をし、中3日の登板間隔で決勝においても先発完投（110球）をした投手1名であった。方法は、ハイスピードカメラ1台による2次元動作分析であった。

その結果、準決勝では投球フォームや球速の乱れは点在する程度であったが、決勝では50球を超えたあたりから投球フォームや球速が大きく乱れ始め、これらの乱れが相手打線に捕まるきっかけになったと考えられた。

投球フォームや球速の乱れの観点から、準決勝での投球過多による疲労は、中3日の登板間隔では十分に回復しないことが示唆された。

1. 緒言

投球障害予防には、投球フォームの改善もさることながら、投球数制限や十分な登板間隔の確保も重要である¹⁻³⁾。

筆者ら⁴⁾は、学童野球公式戦における投球数制限の至適範囲について検討し、80球を超えると投球フォームに乱れが生じる投手数の割合が急増することから、投球数を80球以内に制限すべきであると結論付けた。この報告により、全日本軟式野球連盟⁵⁾が2020年度よりルール化した学童野球公式戦における投球数制限70球は適正（至適範囲）で

あることが実証された。

続いて、筆者ら⁶⁾は、学童野球公式戦における十分な登板間隔の目安について検討し、中5日～中6日の登板間隔では下肢・股関節・体幹の動作に関連する分析項目は概ね回復が認められるが、上肢の振り動作に関連する分析項目の一部には十分な回復が得られていないことを報告した。この報告により、次の登板までの5～6日間においては、上肢の振り動作を中心としたリコンディショニング⁷⁾の実施が必要であることが示唆された。

本研究の目的は、より短い登板間隔（中3日）が投球フォームや球速の乱れに与える影響を分析することである。特に、投球フォームについては、熟練者と未熟練者との間に顕著な差があると報告されている下腿と膝関節の動作^{8,9)}および体幹の動

* 帝京平成大学

Corresponding author：増島 篤 (a.masujima@thu.ac.jp)

表1 対象者の身体特性と投球内容

対象者 (投手)	身長 (cm)	体重 (kg)	年齢 (歳)	野球歴 (年)	学年 (年生)	投法	登板試合 (年/月/日)	投球内容 (球)		試合 結果
								直球	スロー ボール	
A	141.0	30.0	11	3	6	右投げ オーバー スロー	準決勝 (2014/4/29)	88	11	○ 4-0
							決勝 (2014/5/3)	103	7	● 1-7

本研究の対象となった2014年度の東京都末端支部大会は、投球数制限70球がまだルール化されていない時期のものである。

試合結果：○勝ち

試合結果：●負け

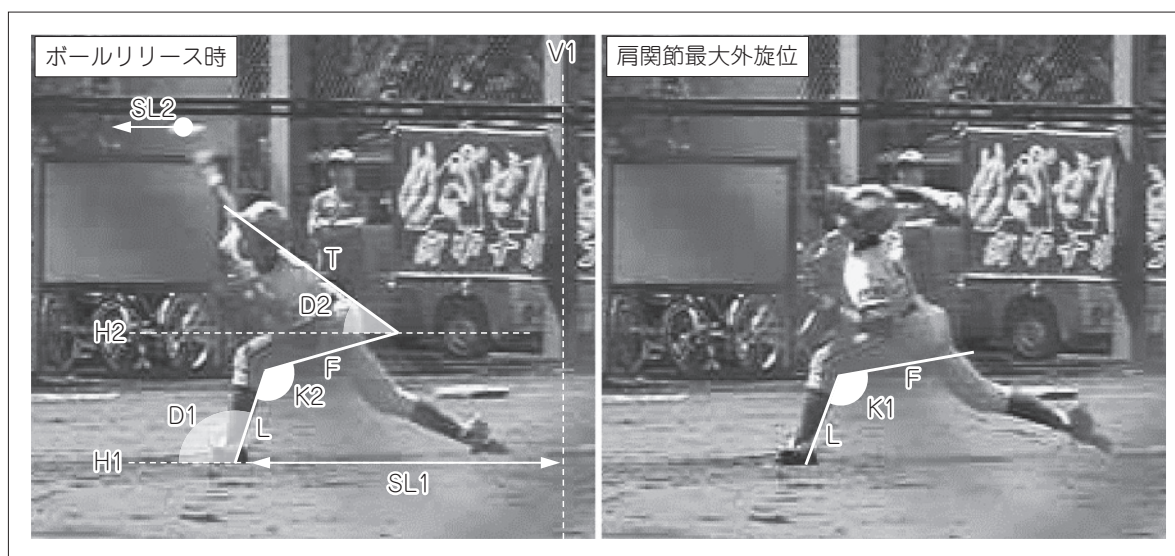


図1 投球フォームと球速の分析方法

V1：投手板に接している右足の踵の中心を通過する垂線

SL1：V1から左足の踵までの最短距離

SL2：ボールリリース直後から3フレーム分のボール移動距離

H1, H2：水平線

L：下腿後面

F：大腿後面

T：体幹後面

D1：下腿角度

D2：体幹角度

K1：肩関節最大外旋位での膝関節角度

K2：ボールリリース時での膝関節角度

肩関節最大外旋位は、レイトコッキング期の終盤において映像上での前腕の動きが時計回り（肩関節外旋運動）から反時計回り（肩関節内旋運動）へと切り替わる時点とした。

作¹⁰⁾に焦点を当てて分析を行った。

2. 対象および方法

1. 対象

学童野球公式戦は、全チームが参加する各都道府県末端支部大会から始まり、各都道府県大会、全国大会へと続いている。本研究では、2014年度

の東京都末端支部大会の決勝に登板し、準優勝に終わった投手Aを対象とした(表1)。投手Aは準決勝において先発完投(99球)をし、中3日の登板間隔で決勝においても先発完投(110球)をした。尚、投手Aとその保護者、および監督・コーチ・大会役員・審判員に対し、事前に本研究の主旨・安全性について十分な説明を行い、参加の同

意を得た。

2. 方法

準決勝と決勝における全投球(209球)を、側方25mからハイスピードカメラEX-FH25(CASIO

社製)を用いて240fpsで撮影した。伊藤ほか⁴⁾の方法に従い、得られた映像を野球指導者2名とスコアラー1名とで観察し、放たれたボールの速さや軌道などから判断して、全投球を直球とスローボールとに分類した(表1)。スローボールと分類された18球については投球数には含めるが、投球フォームと球速の分析からは除外した。さらに、映像解析ソフトToMoCo-Lite(東総システム社製)を用いて直球の投球フォームと球速について2次元動作分析を行った。

ボールリリース時における投球フォームの分析項目は、①ステップ幅(身長比%)=投手板に接している右足の踵の中心を通過する垂線(V1)から左足の踵までの最短距離(SL1)÷身長×100、②下腿角度(°)=下腿後面(L)と水平線(H1)との

表2 各分析項目における乱れの指標

分析項目	乱れの指標
①ステップ幅(身長比%)	有意な減少
②下腿角度(°)	有意な減少
③体幹角度(°)	有意な増大
④加速期膝関節伸展角度(°)	有意な減少
⑤球速(km/h)	有意な減少

伊藤ほか^{8~10)}の先行研究を参考に、各分析項目における乱れの指標を定義した。

表3 投球フォームや球速に乱れが生じた区間

準決勝

分析項目	1~10球	11~20球	21~30球	31~40球	41~50球	51~60球	61~70球	71~80球	81~90球	91~99球
①ステップ幅(身長比%)	81.4 (1.0)	80.3 (1.6)	82.7 (0.9)	84.2 (0.7)***	83.6 (1.1)**	82.6 (0.9)	83.7 (2.2)***	84.7 (0.9)***	84.8 (1.0)***	84.7 (1.1)***
②下腿角度(°)	110.2 (3.6)	111.6 (2.3)	114.4 (4.0)	112.1 (7.5)	114.1 (4.4)	110.6 (4.5)	106.8 (5.9)	112.0 (4.3)	113.8 (3.0)	110.1 (4.5)
③体幹角度(°)	24.6 (4.9)	27.0 (3.4)	24.3 (2.7)	27.3 (6.2)	27.1 (4.2)	27.8 (3.2)	33.0 (5.9)***	25.5 (4.0)	23.9 (2.0)	29.8 (4.2)†
④加速期膝関節伸展角度(°)	16.9 (6.2)	19.0 (5.2)	16.9 (4.0)	15.7 (7.2)	19.6 (7.8)	16.0 (6.0)	12.4 (6.2)	18.3 (4.8)	19.9 (2.3)	15.5 (5.3)
⑤球速(km/h)	92.1 (2.1)	91.5 (2.8)	95.3 (1.8)	91.3 (3.9)	90.5 (3.0)	90.5 (2.1)	87.1 (3.8)**	93.1 (3.4)	93.7 (2.0)	89.8 (2.7)

決勝(中3日での登板)

分析項目	1~10球	11~20球	21~30球	31~40球	41~50球	51~60球	61~70球	71~80球	81~90球	91~100球	101~110球
①ステップ幅(身長比%)	83.5 (1.9)	82.4 (1.7)	84.8 (1.1)	84.6 (2.3)	83.8 (1.8)	83.9 (1.4)	83.6 (2.0)	84.7 (2.1)	85.0 (1.8)	84.5 (1.4)	83.4 (2.0)
②下腿角度(°)	118.3 (5.2)	116.0 (3.8)	114.3 (7.4)	110.5 (5.4)*	112.6 (5.1)	111.7 (6.4)†	114.7 (4.8)	111.9 (2.9)*	115.6 (6.1)	110.3 (3.2)**	110.7 (5.5)*
③体幹角度(°)	27.8 (4.4)	29.8 (2.4)	31.7 (4.5)	29.8 (4.3)	29.3 (4.3)	36.2 (3.2)***	32.3 (4.0)†	33.4 (3.7)*	34.0 (3.1)**	33.9 (2.7)**	33.0 (4.4)*
④加速期膝関節伸展角度(°)	14.8 (5.3)	15.8 (2.4)	10.6 (5.5)	10.6 (3.9)	14.9 (6.2)	10.0 (5.8)	15.5 (6.3)	11.0 (3.4)	8.8 (3.2)†	8.2 (4.4)*	9.0 (7.1)†
⑤球速(km/h)	95.2 (2.9)	93.1 (2.2)	92.3 (4.5)	92.5 (2.7)	92.3 (2.3)	90.1 (2.1)**	91.4 (1.5)*	91.0 (1.7)**	91.2 (2.9)*	89.2 (2.8)***	87.6 (3.3)***

表中の数値は平均値(標準偏差)を示す。

***: p<0.001

**: p<0.01

*: p<0.05

†: p<0.1

太字・塗りつぶしの箇所は乱れが生じた区間。

細字・塗りつぶしの箇所は乱れの傾向がみられた区間。

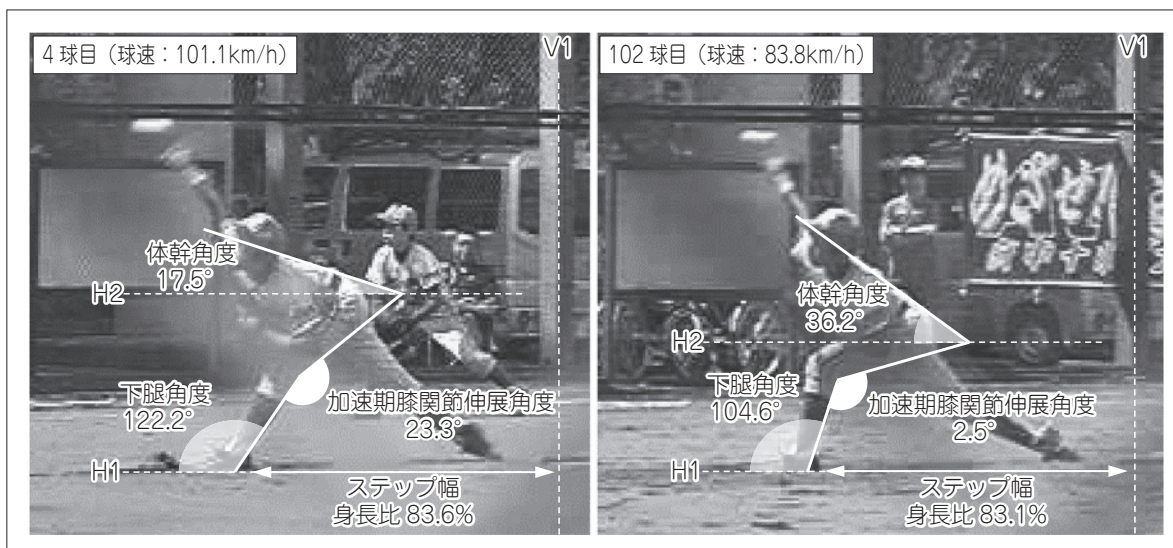


図2 決勝の4球目と102球目における投球フォームの比較
 V1: 投手板に接している右足の踵の中心を通過する垂線
 H1, H2: 水平線
 4球目と比較して、102球目では下腿角度は17.6°減少し、体幹角度は18.7°増大し、加速期膝関節伸展角度は20.8°減少した。ステップ幅に変化はみられなかった。

なす角度 (D1), ③体幹角度 (°) = 体幹後面 (T) と水平線 (H2) とのなす角度 (D2), の3項目であった (図1). 加速期における投球フォームの分析項目は, ④加速期膝関節伸展角度 (°) = ボールリリース時における下腿後面 (L) と大腿後面 (F) とのなす角度 (K2) - 肩関節最大外旋位における下腿後面 (L) と大腿後面 (F) とのなす角度 (K1), であった (図1). これら投球フォームに関する4つの分析項目に加え, ⑤球速 (km/h) = ボールリリース直後から3フレーム分のボール移動距離 (SL2) ÷ 所要時間, を分析した (図1).

3. 統計処理

投手Aの諸測定値を10球ごとにまとめた上で, コントロール条件(1~10球)と他の条件(11~20球, 21~30球, …)との平均値の差をDunnettの方法を用いて比較した. 統計処理にはIBM SPSS Statistics ver. 28.0 for Windowsを用い, 有意水準は5%とした.

さらに, 伊藤ほか⁸⁻¹⁰⁾の先行研究を参考に, 分析項目①②④⑤については有意な減少がみられた場合を, 分析項目③については有意な増大がみられた場合を, 投球フォームや球速の“乱れ”と定義した (表2).

3. 結果

立ち上がりの10球に対し, 11球目以降10球ご

とに投球フォームや球速に乱れが生じた区間を表3に示した. 準決勝での乱れは点在する程度であったが, 決勝では下腿角度(31球目以降)に断続的な乱れが, 体幹角度(51球目以降)・加速期膝関節伸展角度(81球目以降)・球速(51球目以降)には連続的な乱れ ($p < 0.1$ の有意傾向含む) が生じた. ただし, 準決勝と決勝において, ステップ幅に乱れは生じなかった.

決勝において, 球速が最大(101.1km/h)であった4球目と最小(83.8km/h)であった102球目における投球フォームを図2に示した. 4球目では, 下腿角度は122.2°と大きく(最大値は127.1°), 体幹角度は17.5°と小さく(最小値は17.5°), 加速期膝関節伸展角度は23.3°と大きかった(最大値は26.5°). 4球目と比較して, 102球目では下腿角度は104.6°と小さく, 体幹角度は36.2°と大きく, 加速期膝関節伸展角度は2.5°と小さかった. 4球目と102球目において, ステップ幅に差はみられなかった.

4. 考察

本研究では, 短い登板間隔(中3日)が投球フォームや球速の乱れに与える影響を分析した.

下肢全体を反投球方向へ傾けた状態で膝関節を大きく伸展するのが熟練者のオーバースローの特徴である⁹⁾. 加速期に膝関節を大きく伸展すること

で体幹部の下端（左股関節）は押し上げられ、体幹部は回旋運動を含む前傾運動を効率よく遂行できるようになる⁹⁾。準決勝から中3日の登板間隔で決勝に臨んだ投手 A は、30 球目あたりまでは熟練者のオーバースローの特徴がみられていた（表 3）（図 2 左）。しかし、50 球を超えたあたりから、下腿角度・体幹角度・加速期膝関節伸展角度・球速に断続的・連続的な乱れが生じ始め（表 3）（図 2 右）、これらの乱れが相手打線に捕まるきっかけになったと考えられる。

本研究では、下腿と膝関節の動作に影響を与えることが報告されているステップ幅⁸⁾を分析項目に加えた。しかし、準決勝と決勝において、ステップ幅に乱れは生じなかった（表 3）。特に、準決勝では、中盤から終盤にかけてステップ幅はむしろ好転（有意に増大）しており、対象者 A はステップ幅の乱れが生じにくいタイプの投手であると考えられる。

決勝において 50 球を超えたあたりから投球フォームや球速が大きく乱れ始めた一因として、準決勝での投球過多による疲労が、中3日の登板間隔では十分に回復していないことが考えられる。このうち、投球過多については、2020 年度よりルール化された投球数制限 70 球⁹⁾によって至適範囲に抑えられるようになった。一方、中3日の登板間隔が疲労回復には不十分であることを実証するためには、「直球 70 球→中3日（リコンディショニングの有無）→直球 70 球」という条件で動作分析を行う必要があり、今後の検討課題である。また、本研究は 1 例のみの報告であったため、より多くの投手を対象とした動作分析が必要である。

5. 結語

投球フォームや球速の乱れの観点から、準決勝での投球過多による疲労は、中3日の登板間隔では十分に回復しないことが示唆された。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

文 献

- 1) 松浦哲也, 岩目敏幸, 高田侑季, 他. 小学生野球選手に対する検診と投球数制限. 整形・災害外科. 2020; 63: 1143-1148.
- 2) 松浦哲也. 「球数制限」は野球改革の第一歩. In: 広尾 晃(編). 球数制限. 東京: ビジネス社; 98-102, 2019.
- 3) 渡邊幹彦. スポーツ医からみた野球界の課題. 整形・災害外科. 2020; 63: 1167-1175.
- 4) 伊藤博一, 園部 豊, 砂川憲彦, 他. 学童野球公式戦における投球数制限の至適範囲. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2022; 30: 198-206.
- 5) 公益財団法人全日本軟式野球連盟 HP. 入手先: <http://jsbb.or.jp/> [参照日 2022 年 8 月 21 日].
- 6) 伊藤博一, 園部 豊, 砂川憲彦, 他. 学童野球公式戦の登板間隔に関する一考察～いわゆる中5日, 中6日が投球フォームやボール特性に与える影響について～. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2022; 30: 627-635.
- 7) 一般社団法人日本アスレティックトレーニング学会 HP. 入手先: <https://js-at.jp/info> [参照日 2022 年 8 月 21 日].
- 8) 伊藤博一, 河崎尚史, 井尻哲也, 他. 年代別にみた投動作の特徴（第二部）～加速期における下肢・股関節運動～. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2011; 19: 489-497.
- 9) 伊藤博一, 渡會公治. 投法別にみた加速期における踏込脚の膝関節運動. スポーツパフォーマンス研究. 2014; 6: 253-262.
- 10) 伊藤博一, 河崎尚史, 井尻哲也, 他. 年代別にみた投動作の特徴（第一部）～加速期体幹運動とボールリリース～. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2011; 19: 480-488.

（受付：2022 年 4 月 4 日，受理：2022 年 9 月 13 日）

Throwing Motion and Ball Speed at a Pitching Interval of 3 Days — Case of a Pitcher Who Finished Second in the Official Baseball Game for School-age Children —

Ito, H.* , Sonobe, Y.* , Harada, T.*
Sunagawa, N.* , Masujima, A.*

* Teikyo Heisei University

Key words: pitching interval, fatigue, pitching performance

[Abstract] The purpose of this study was to analyze the impact of a short pitching interval of 3 days on throwing motion and ball speed.

The subject was a pitcher who threw a complete game (99 pitches) in the official semifinal baseball game for school-age children, as well as another game (110 pitches) in the final after a pitching interval of 3 days. The method was two-dimensional motion analysis using a high-speed camera.

The results revealed that the pitcher's throwing motion and ball speed were generally stable in the semifinal, but markedly worsened from the 51st pitch in the final, which may have allowed the opponent team to score several runs.

The pitcher's worsened throwing motions and ball speed suggest that a pitching interval of 3 days is not adequate to for recover from fatigue due to excessive pitching in the semifinal.