

投球数の増加にともなう投球動作の変容

平山大作*・藤井範久**・阿江通良**・小池関也**

The relationship of the number of pitches to the kinematics changes of pitching during a simulated baseball game.

HIRAYAMA Daisaku*, FUJII Norihisa**, AE Michiyoshi**, KOIKE Sekiya**

1. 緒言

野球の投手は投球数の増加にともない、ボール速度が低下し、コントロールが乱れ、1試合を完投できずに降板することが多い。その兆候として、“肘が下がる”などの特徴が挙げられる³⁾。また、投球過多による投球障害の危険性についても指摘されている⁴⁾⁵⁾。これらのことから、投球数の増加が投手の身体機能やそのフォームに及ぼす影響は大きいと考えられ、試合を想定した実験¹⁰⁾¹²⁾などからボール速度をはじめとするパフォーマンス、関節可動域、筋力などによってその変化が検討されている。実際の試合においてもバイオメカニクス的検討²⁾が行われている。

現在までに、投球動作に関するバイオメカニクスの研究は数多く行われてはいるが、1人の被験者に対して数試技の分析が行われるのみで、繰り返し行った試技を分析し、詳細に検討したものはみられない。そこで本研究は、大学野球投手を対象とし、投球数の増加にともなう投球動作の変容について検討することを目的とした。

2. 方法

2.1 実験

被験者は、大学硬式野球部に所属する男子投手1名(身長:1.77m、体重:70.0kg、年齢:21歳、右投げ)を対象とした。被験者には、本実験の趣旨、内容、および危険性についてあらかじめ説明し、参加の同意を得た。実験試技は、屋内のマウンドから捕手方向に向かい最大努力でストレート

を投球するものであった。投球は、10秒間隔で15球投げることを1イニングとし、イニング間に6分の休息をはさみながら9イニング、計135球の投球を行った。

2.2 データの収集と処理

動作の計測には、三次元自動動作分析装置 VICON612 (Oxford Metrics 社製)を用いた。座標系は、ピッチャープレートからホームプレートに向かうベクトルをY軸、鉛直方向のベクトルをZ軸、YおよびZ軸に垂直で三塁方向へ向かうベクトルをX軸とする静止座標系に設定した。被験者の身体セグメント端点47点に反射マーカを貼付し、毎秒250コマで反射マーカを三次元座標を計測した。

動作イベントは以下の3つの時点とした。踏込脚が接地する時点(以下、SFC)、投球腕の肩関節が最大外旋する時点(以下、MER)、ボールリリース時点(以下、REL)の各時点において比較を行った。

2.3 算出項目および算出方法

分析試技は、投球されたすべての試技(135試技)のうち、奇数イニング(1, 3, 5, 7, 9イニング)のすべての試技(15×5=75試技)とした。

算出したキネマティックパラメータは、ボール速度、踏込脚股関節伸展角度、膝関節伸展角度、上胴および下胴回転角度(反時計回り方向を正)、体幹後傾角度(後傾を正)、投球腕肩関節外転角度、肩関節水平外転角度、肩関節外旋角度、肘関

* 筑波大学 体育芸術系支援室準研究員

** 筑波大学体育科学系

節伸展角度とした。

2.4 統計処理

投球数とキネマティクスパラメータから単回帰分析を行い、回帰係数の有意性についての検定を行った。なお、有意水準は5%以下とした。1-3-5-7-9イニング（以下、1-9）のすべての試技について分析を行った。

3. 結果および考察

3.1 ボール速度の変化

投球数の増加にともない、ボール速度は減少する傾向を示した（表1, 図1）。これまでの野球の1試合を想定した研究¹⁰⁾¹²⁾においても、135球前後の投球数が設定されており、本研究の投球数（135球）は投球パフォーマンスを低下させるのに十分な投球数であったと考えられる。

3.2 SFC時の動作の変容

投球数の増加にともないSFC肩関節外転角度は減少する傾向を示した（表3, 図2）。投球腕の肩関節外転角度の減少は、いわゆる“肘下がり”を示すものであり、その状態での投球動作の繰り返しは、肩関節後方ストレス（腱板疎部損傷、棘下筋断裂、impingement）を増大させる⁹⁾と報告さ

れている。同様に、SFC肩関節水平外転角度も減少する傾向を示した（表3）。投球動作の指導の際、ボール速度を大きくするためにテイクバックから投球腕およびボールを加速していくとき“胸の張りを大きくする”こと⁴⁾が重要とされている。また、ボール速度を大きくするための要因として、高橋ら¹¹⁾、Stodden et al.⁹⁾は、踏込脚接地時の肩関節水平外転角度をより大きくすることであると述べている。これらのことから、踏込脚接地時の肩関節水平外転角度の減少は、ボール速度低下の表れであると考えられる。投球数の増加によって“胸の張りを大きくできない”投球パフォーマンスが低下した状態で、肩関節後方ストレスが増大する“肘下がり”の動作を繰り返すことは、投球障害の危険因子となり得ることが推察される。

3.3 MER時の動作の変容

投球数の増加にともない、MER股関節伸展角度は減少する傾向を示した（表1, 図3）。これは、肩関節最大外旋時に踏込脚の股関節がより屈曲していることを示す。島田ら⁷⁾は、ボール速度が小さな群の投手は、加速局面（MERからREL）において踏込脚膝関節の屈曲が大きく踏込脚股関節の速度ベクトルが下方を向き、“踏込脚が体幹を

表1 ボール速度、踏込脚股関節および膝関節角度と投球数の関係

キネマティクスパラメータ	イニング	回帰式	増減	有意性
ボール速度(kn/h)	1-9	$y = -0.0389x + 121.04$	↘	***
SFC股関節伸展角度(deg)	1-9	$y = -0.0209x - 82.364$	↘	**
SFC膝関節伸展角度(deg)	1-9	$y = 0.0253x + 121.01$	↗	***
MER股関節伸展角度(deg)	1-9	$y = -0.0158x - 98.698$	↘	**
MER膝関節伸展角度(deg)	1-9	—	—	n.s
REL股関節伸展角度(deg)	1-9	$y = -0.0157x - 99.124$	↘	*
REL膝関節伸展角度(deg)	1-9	—	—	n.s

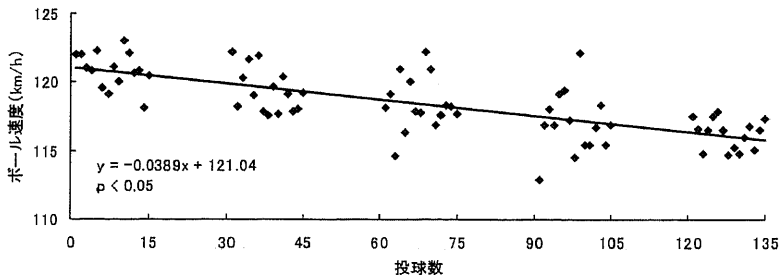


図1 ボール速度と投球数の関係

表2 上下胴回転角度および体幹後傾角度と投球数の関係

キネマティクスパラメータ	イニング	回帰式	増減	有意性
SFC上胴回転角度(deg)	1-9	—	—	n.s
SFC下胴回転角度(deg)	1-9	—	—	n.s
SFC体幹後傾角度(deg)	1-9	$y = 0.0117x + 3.0615$	↗	**
MER上胴回転角度(deg)	1-9	$y = 0.0320x + 17.358$	↗	***
MER下胴回転角度(deg)	1-9	$y = 0.0377x + 9.3798$	↗	***
MER体幹後傾角度(deg)	1-9	$y = -0.0123x - 42.195$	↘	*
REL上胴回転角度(deg)	1-9	$y = 0.0226x + 34.214$	↗	***
REL下胴回転角度(deg)	1-9	$y = 0.0375x + 12.056$	↗	***
REL体幹後傾角度(deg)	1-9	—	—	n.s

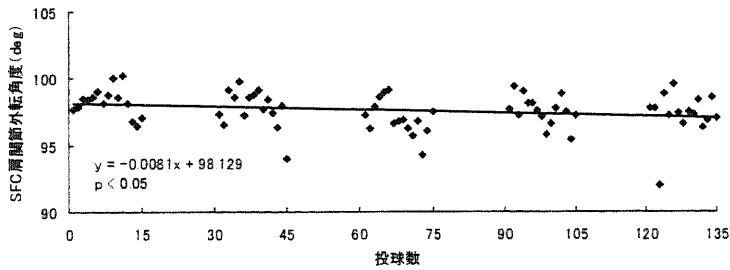


図2 SFC 肩関節外転角度と投球数の関係

表3 肩関節角度および肘関節角度と投球数の関係

キネマティクスパラメータ	イニング	回帰式	増減	有意性
SFC肩関節外転角度(deg)	1-9	$y = -0.0081x + 98.129$	↘	*
SFC肩関節水平外転角度(deg)	1-9	$y = -0.0105x + 8.2666$	↘	**
SFC肩関節外旋角度(deg)	1-9	—	—	n.s
SFC肘関節伸展角度(deg)	1-9	$y = 0.0132x + 57.044$	↗	**
MER肩関節外転角度(deg)	1-9	—	—	n.s
MER肩関節水平外転角度(deg)	1-9	—	—	n.s
MER肩関節外旋角度(deg)	1-9	$y = -0.0194x + 170.47$	↘	**
MER肘関節伸展角度(deg)	1-9	—	—	n.s
REL肩関節外転角度(deg)	1-9	—	—	n.s
REL肩関節水平外転角度(deg)	1-9	—	—	n.s
REL肩関節外旋角度(deg)	1-9	—	—	n.s
REL肘関節伸展角度(deg)	1-9	$y = -0.0324x + 130.11$	↘	*

・回帰式において、yはそれぞれのキネマティクスパラメータ、xは投球数を示す。
 ・回帰係数の符号が正のときは↗(増加)、負のときには↘(減少)を示す。
 ・有意性の表記 * : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$ *** : $p < 0.001$

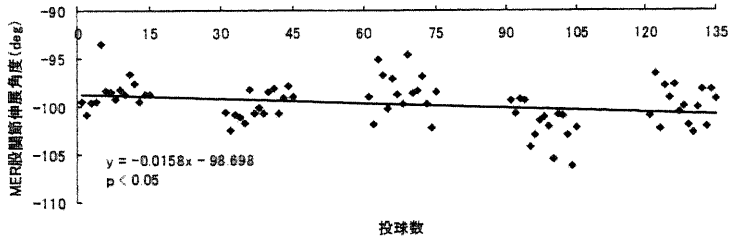


図3 MER 肘関節伸展角度と投球数の関係

支えられずに腰が沈んでしまった”ような動作をしていたと報告している。本研究における踏込脚の股関節がより屈曲することは、投球数の増加にともなう股関節の筋疲労による影響であると思われる。“腰が沈んでしまった”動作となってしまう、ボール速度が低下したと考えられる。

投球数の増加にともない、MER 肩関節外旋角度は減少する傾向を示した(表3)。これは、投球時の肩関節最大外旋角度の減少を示している。Matsuo et al.¹⁾は、ボール速度が大きい群はボール速度が小さい群と比較して、肩関節最大外旋角度が有意に大きかったと報告している。実際の試合における先行研究²⁾においても、肩関節最大外旋角度が有意に減少したと報告されており、本研究も同様の結果となった。先行研究において Murray et al.²⁾は、肩関節最大外旋角度の減少などの関節角度の減少は、本来の動作範囲での投球ができなくなった表れであり、ボール速度低下との関連があると述べている。また、Pappas et al.⁶⁾は、コッキング期の最終域において、肩関節の最大外旋が成し遂げられなければ、ボール速度は減少すると述べている。これらの報告は、本研究の結果を支持するものであり、肩関節最大外旋角度の減少がボール速度低下に関与していると考えられる。

3.4 REL時の動作の変容

投球数の増加にともない、REL上胴および下胴の回転角度は増加する傾向を示した(表2)。Stodden et al.⁸⁾は、ボール速度を大きくする要因として、REL時の下胴の回転角度の増加させることであると報告している。同様に、高橋ら¹¹⁾もMERからREL時の上胴の回転角度がボール速度と正の相関関係があると報告している。これから、結果的にボール速度の維持には貢献しないものの、上胴および下胴の回転角度の増加はボール速度の維持するための表れであると考えられる。

4. まとめ

SFCからRELの踏込脚の股関節の有意な屈曲角度の増加は、股関節の筋疲労による影響であり、SFCの時点での肩関節外転度の減少は、“肘下がり”を示すものであると考えられる。

文 献

- 1) Matsuo T, Escamilla R F, Fleising G S (2001): Comparison of Kinematic and Temporal Parameters Between Different Pitch Velocity Groups. *Journal of Applied Biomechanics* 17: 1-13.
- 2) Murray T A, Cook T D, Werner S L (2001): The Effects of Extended Play on Professional Baseball Pitchers. *The American Journal of Sports Medicine* 39 (2): 137-142.
- 3) Myers D and Gola M (2000): *The Louisville Slugger Complete Book of Pitching*. Contemporary Books: 190-191.
- 4) 日本臨床スポーツ医学会整形外科学術部会編 (1998): 野球障害予防ガイドライン. 文光堂. 東京: 219-220.
- 5) 信原克哉 (1979): 肩—その機能と臨床—. 医学書院. 東京: 372-424.
- 6) Pappas A M, Zawacki R M, McCarthy C F (1985): Rehabilitation of the pitching shoulder. *The American Journal of Sports Medicine* 13: 223-235.
- 7) 島田一志, 阿江通良, 藤井範久 (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.
- 8) Stodden D F, Fleising G S, McLean S P (2001): Relationship of Pelvis and Upper Torso Kinematics to Pitch Baseball Velocity. *Journal of Applied Biomechanics* 17: 164-172.
- 9) Stodden D F, Fleising G S, McLean S P (2005): Relationship of Biomechanical Factors to Baseball Pitching Velocity: With Pitcher Variation. *Journal of Applied Biomechanics* 21: 44-56.
- 10) 杉山裕之, 村上恒二, 金子文成 (1998): 投球動作による肩関節内旋・外旋筋力の変化について. *臨床スポーツ医学* 15 (11): 1293-1296.
- 11) 高橋佳三, 阿江通良, 藤井範久 (2005): 球速の異なる野球投手の動作のキネマティクスの比較. *バイオメカニクス研究* 9 (2): 36-52.
- 12) 柳沢 修, 宮永 豊, 白木 仁 (1998): 高校生投手の投球数の増加が身体諸機能に及ぼす影響—いわゆる100球肩の検証—. *臨床スポーツ医学* 17 (6): 735-739