

## 投球動作のアーリーコッキング期における 足部・足関節運動と骨盤回旋角度の関係

公益財団法人スポーツ医・科学研究所  
佐藤真樹 金村朋直 岡戸敦男

日本福祉大学 健康科学部  
小林寛和

### 【はじめに】

投球動作では、肩関節最大外旋時<sup>1)</sup>やボールリリース時<sup>1,2)</sup>に肩関節・肘関節へのメカニカルストレスが強まるとされている。アクセラレーション期における肘下がり<sup>3)</sup>や肩関節水平外転位でのボールリリース<sup>4)</sup>は、投球障害の発生要因となる動的アライメントとして知られている。このような問題となる動的アライメントには、フットプラント (FP) 時における骨盤回旋の増大も影響することが報告されている<sup>5)</sup>。このことから、投球障害を有する対象者への理学療法においては、問題がみられる位相の前相からの影響を考慮して対応することも求められる。

FP時の骨盤回旋増大には、アーリーコッキング (EC) 期における股関節内転・内旋、体幹側屈の影響が報告されている<sup>6)</sup>。また、遠位から波及する運動連鎖の観点から、足部・足関節運動の観察・分析も重要であるが、骨盤回旋運動と足部・足関節運動との関係については不明確である。

本研究は、EC期の足関節運動とFP時の骨盤回旋角度の関係について運動学的分析を試みた。

### 【対象および方法】

#### 1. 対象

愛知県大学野球連盟1部リーグに所属する、大学硬式野球部の投手9名を対象とした。年齢19.2±0.8歳、身長172.8±5.4cm、体重69.1±5.1kg、Body Mass Index (BMI) 23.2±1.6 kg/m<sup>2</sup> (平均値±標準偏差)であった。投球側は右8名、左1

名であった。

投球時、身体に痛みがある者、投球動作を制限し得る関節可動域制限がある者、BMIが25.0kg/m<sup>2</sup>以上の者は対象から除外した。

#### 2. 投球動作の撮影

解析に必要となるランドマークに反射マーカを貼付した対象に約5m先の防球ネットに向けて、セットポジションから5球の全力投球を行わせた。競泳用パンツを着用し、グラブも装着した。対象の投球動作を4台のハイスピードカメラ(フォーアシスト社製)にて、120コマ/秒で撮影した。

また、投球時に歩行解析用フォースプレート Zebris FMDsystem (Zebtis Medical GmbH 社製) を用いて投球時の足圧中心軌跡面積を測定し、記録した。

#### 3. 解析

投球5球のうち、投球動作の非投球側下肢の離地から最大挙上時までの足圧中心軌跡面積が最も小さい試技を解析対象とした。3次元動作解析システム Frame-DIAS IV (DKH 社製) を用いて各ランドマークの3次元座標値を算出し、得られた値から骨盤回旋角度、足関節底屈角度を算出した。解析した位相は、EC期(膝最大挙上~FP)とし、その期間を100コマに規格化した。骨盤回旋角度は、左右の上後腸骨棘を結ぶ線とY軸のなす角度とした。足関節底屈角度は、脛骨内側上顆と脛骨外側上顆の中点、内果、外果からなる平面の法線ベクトルと、内果、外果、第一中足骨頭からなる平面の法線ベク

トルがなす角度(図1)とした。算出した角度をもとに骨盤回旋と足関節底屈に関する項目を以下の方法で求めた。

1) 骨盤回旋角度変化量

投球開始時と、FP時の骨盤回旋角度をそれぞれ算出し、投球開始時の値からFP時の値を減じた値を骨盤回旋角度変化量とした。

2) 足関節底屈に関する項目(図2a,b)

算出した足関節底屈角度から、①FP時の底屈角度(FP時における底屈角度)、②底屈角度変化量の最大値(図2a)(1コマの底屈角度変化量が最大であった値)、③push-off phase(図2b)(正規化したEC期における非投球側の膝最大拳上から底屈角度変化量が最大になるまでの期間がEC期全体に占める比率)以上の3項目を求めた。

4. 統計処理

足関節底屈の各項目(①~③)と骨盤回旋角度変化量との関係についてSpearmanの順位相関係数検定を用い、相関を求めた。有意水準は5%未満とした。

【結果】

骨盤回旋角度変化量は、 $72.2 \pm 23.2^\circ$ であった。足関節底屈について、①FP時の底屈角度： $45.2 \pm 15.7^\circ$ 、②底屈角度変化量の最大値： $8.3 \pm 5.3^\circ$ 、③push-off phase： $89.7 \pm 4.2\%$ であった(表1)。

足関節底屈の各項目と骨盤回旋角度変化量との間の関係は、①FP時の底屈角度( $r = 0.38, p = 0.31$ )(図3a)、②底屈角度変化量の最大値( $r = 0.40, p = 0.27$ )(図3b)、③push-off phase( $r = -0.72, p < 0.05$ )(図3c)であった。③のpush-off phaseとの間に有意な負の相関がみられたが、①、②と骨盤回旋角度変化量との間にはそれぞれ有意な相関はみられなかった。

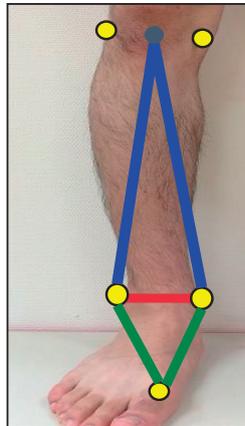


図1: 足関節角度の算出

脛骨内側上顆と脛骨外側上顆の中心、内果、外果からなる平面の法線ベクトルと、内果、外果、第一中足骨頭からなる平面の法線ベクトルがなす角度

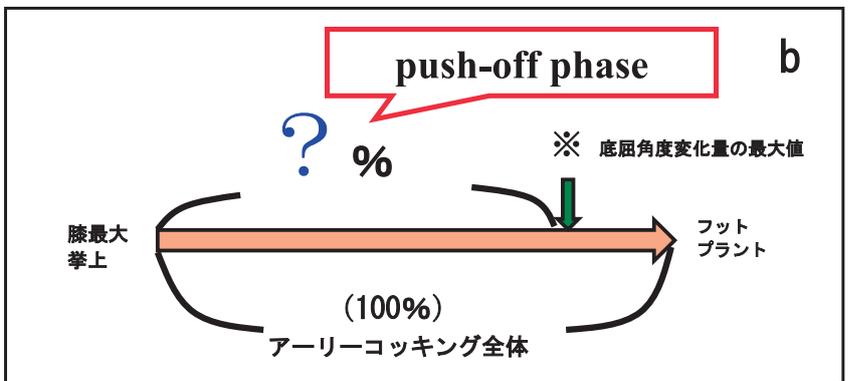
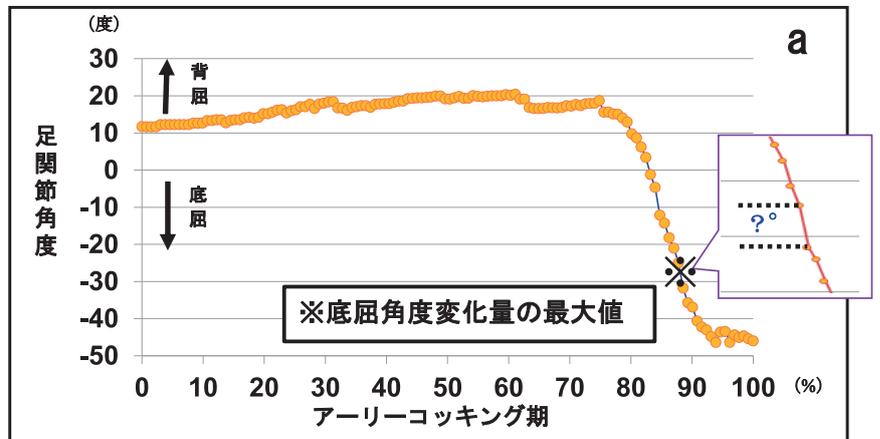


図2: 足関節底屈に関する測定項目

a: 足関節底屈角度変化量の最大値; 1コマにおける底屈角度変化量が最大であった値を抽出。  
b: push-off phase: 正規化したEC期における非投球側の膝最大拳上から底屈角度変化量が最大になるまでの期間がEC期全体に占める比率

骨盤回旋角度変化量	72.2±23.2°
FP時の足関節底屈角度	45.2±5.3
足関節底屈角度変化量の最大値	8.3±5.3°
push-off phase	89.7±4.2%

表1: 各測定項目の実測値

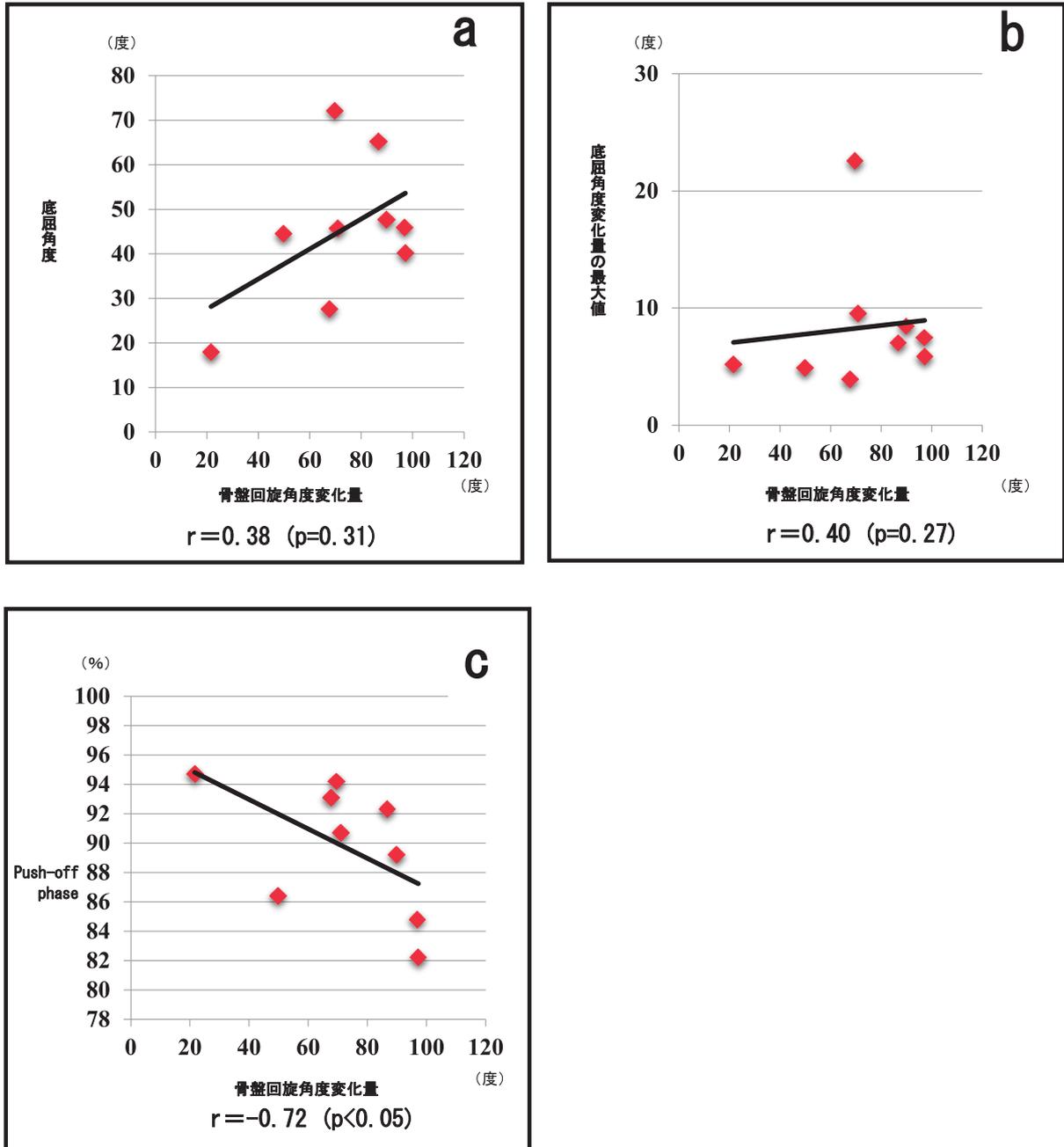


図3: 足関節底屈の各項目と骨盤回旋角度変化量の関係

- a: 足関節底屈角度と骨盤回旋角度変化量
- b: 底屈角度変化量の最大値と骨盤回旋角度変化量
- c: push-off phase と骨盤回旋角度変化量

### 【考察】

EC 期では、投球側下肢の運動によって骨盤の並進運動を行い、非投球側下肢へ体重移動がなされる。この際の下肢の運動は「蹴り出し」と表現され、足関節底屈運動の関与が考えられる。本研究では、EC 期の底屈角度変化量が最大となるときに、蹴り出しを行っているかと判断し、それぞれの関係の検討を試みた。

push-off phase と骨盤回旋角度変化量との間に負の相関がみられたことから、push-off phase が短い者は、骨盤回旋角度変化量が大きくなることが示唆された。したがって、蹴り出しが早い者は、早期に「身体の開き」が生じると考えられる。このことから、骨盤回旋の増大に影響を及ぼす前相の問題を考察するにあたっては、最終的な足関節角度である FP 時の底屈角度や、EC 期における底屈角度変化量の大きさではなく、蹴り出しのタイミングが重要と考える。

今回の結果から、投球動作における遠位から波及する運動連鎖が、近位の身体部位に影響していることが推測される。そのため、より詳細な検討をするには、EC 期の足関節運動が膝・股関節運動に与える影響も分析する必要がある。また、push-off phase が短縮する原因となる機能的要因の検討についても今後の課題としたい。

### 【結語】

硬式野球部に所属する大学生投手 9 名を対象に、投球動作における FP 時の骨盤回旋角度と足関節運動について分析した。EC 期における push-off phase の短縮は骨盤回旋角度の増大につながる可能性があり、投球動作分析の際の一つの知見となり得ると考える。

### 【文献】

- 1) Fleisig GS, Andrew JR, Dillman CL, et al. Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. Am J Sports Med 1995 ; 23 : 233-239.
- 2) Werner SL, Gill TJ, Murray TA, et al. Relationship between throwing mechanics and shoulder distraction in professional

baseball pitchers. Am J Sports Med 2001 ; 29 : 354-358,

- 3) Bushnell BD, Anz AW, Noonan TJ, et al. Association of maximum pitch velocity and elbow injury in professional baseball pitchers. Am.J.Sports Med 2010 ; 38 : 728-732
- 4) 中村康夫, 中村真里, 中溝寛之, ほか. ボールリリース時の肩関節の投球姿勢と肩関節負荷との関係 2004. 肩関節 ; 28 : 329-332
- 5) 亀田淳, 板野哲也, 立花孝. モーションキャプチャ・システムを用いた投球動作分析からの理学療法 2014. 関節外科 ; 33 : 66-72
- 6) 大井雄紀, 高木陽平, 乾浩明, ほか. 骨盤早期回旋に着目した年代別投球動作の運動学的解析 2015. 臨床スポーツ医学会誌 ; 23 : 174