

# ウインドミル投法におけるムチ動作

## Whip-like movement pattern in softball windmill pitching

1K10C319 西村 直晟

主査 矢内利政 教授

副査 吉村正 教授

### 【目的】

ボールを投げる運動では、各セグメントの角速度の最大値の遠位遅延（星川 1982）、遠位加算（Kreighbaum & Barthels1995）がムチ動作の特徴として見られる。ソフトボールのウインドミル投法でも同様の報告がされている（Allexander&Haddow1982）が、各セグメントの最大角速度やその時間ずれと球速の関係、異なる球種の投げ分けへの影響は明らかにされていない。

そこで、本研究の目的はウインドミル投法で 1) ボール速度の個人差を説明する運動学的要因を明らかにすること、および 2) 各投手は異なる球速、回転速度の投げ分けをどのように行っているのか、を明らかにすることとした。

### 【方法】

被験者は 8 名の大学ソフトボール部の投手とし、各被験者には投球可能な球種を各 3 球ずつ投じさせた。その際、投球動作とボールの回転を 3 台の高速度ビデオカメラで撮影し、球速をスピードガンで計測した。この映像を元に、投球腕の肩、肘、手首の関節中心とボール中心の 3 次元座標値を時系列データとして算出した。算出された 3 次元座標値から、投手 - 捕手方向と鉛直方向の面に投影した上腕部の角速度、前腕部の角速度、手部の角速度を算出し、3 球種で比較した。分析対象とした球種は、最大速度を記録した球種（速球）とチェンジアップ、に加え、その 2 球種以外で速球と球速差が大きかった球種を中間球とした。ボールの回転速度は映像をもとに、ボールが一回転するまでの時間を目視で確認し、一秒間あたりの回転数を算出した。

### 【結果】

各投手が速球を投じた際のボール速度と上腕部、手部の最大角速度の間に相関関係は認められなかったが、前腕部の最大角速度には相関関係が認められ（ $r=0.748$ 、 $p<0.05$ ）、ボール速度が大きい投手ほど前腕部の速度の高いことが分かった。さらに、前腕部の最大角速度が大きい投手は、上腕部から前腕部への角速度の加算値が大きい（ $r=0.872$ 、 $p<0.01$ ）ことが分かった。一方で、ボール速度と各セグメントの最大角速度の発生タイミングには相関関係が認められなかった。

各投手が異なる球種を投げる際には、上肢の各セグメントの最大角速度とその発生タイミングに変化が見られ（表 1、2）、その特徴は投手ごとに異なっていた。チェンジアップでは、ボール速度に対して近位のセグメントの角速度の割合ほど大きくなっていた。

### 【考察】

上腕部から前腕部への角速度の加算は、ムチ動作による遠位加算であることから、ムチ運動の特徴を持つ上肢の連動運動がボール速度に影響を与えたものと推察される。

異なる球種の投げ分けにおいて、球速に対して上腕部の最大角速度の割合の変化は小さく（表 1）、最大角速度の発生タイミングを変えることで近位のセグメントから遠位のセグメントの角速度の加算値を変えて調節を行っている（表 2）ことが推察された。中間球では、速球よりも角速度の加算を大きくしている投手もいた（表 2）が、これはボールの回転速度を大きくするために意図的に行っていることだと考えられる。

これらから、異なる移動速度、回転速度の球種の投げ分けでは、ムチ運動の特徴を持つ上肢の連動運動の調節によって各セグメントの最大角速度の発生タイミングを変化させ、近位のセグメントから遠位のセグメントの角速度の加算値を変えているのではないかと推測された。

表 1 速球に対する各セグメントの角速度の割合

|   | 球種      | 球速   | 回転速度 | 上腕部角速度 | 前腕部角速度 | 手部角速度 |
|---|---------|------|------|--------|--------|-------|
| A | 中間球     | 0.95 | 0.92 | 0.94   | 1.07   | 1.00  |
|   | チェンジアップ | 0.57 | 0.71 | 0.85   | 0.79   | 0.46  |
| B | 中間球     | 0.96 | 1.26 | 0.87   | 0.94   | 1.26  |
|   | チェンジアップ | 0.59 | 0.60 | 0.78   | 0.57   | 0.32  |
| C | 中間球     | 0.90 | 1.32 | 1.05   | 0.98   | 1.04  |
|   | チェンジアップ | 0.60 | 0.62 | 0.93   | 0.68   | 0.36  |
| D | 中間球     | 0.93 | 0.52 | 1.01   | 1.10   | 1.42  |
|   | チェンジアップ | 0.73 | 1.18 | 1.15   | 0.94   | 0.25  |

表 2 速球に対する角速度の加算値の割合

|   | 球種      | 球速   | 回転速度 | 前腕部  | 上腕部 | 手部 | 前腕部   |
|---|---------|------|------|------|-----|----|-------|
| A | 中間球     | 0.95 | 0.92 | 1.24 |     |    | 0.93  |
|   | チェンジアップ | 0.57 | 0.71 | 0.70 |     |    | 0.13  |
| B | 中間球     | 0.96 | 1.26 | 1.01 |     |    | 1.55  |
|   | チェンジアップ | 0.59 | 0.60 | 0.39 |     |    | 0.10  |
| C | 中間球     | 0.90 | 1.32 | 0.93 |     |    | 1.10  |
|   | チェンジアップ | 0.60 | 0.62 | 0.50 |     |    | 0.03  |
| D | 中間球     | 0.93 | 0.52 | 1.19 |     |    | 1.67  |
|   | チェンジアップ | 0.73 | 1.18 | 0.72 |     |    | -0.29 |