

野球の投手が投じる様々な変化球の特徴 ～移動速度，回転速度，回転軸の向きに着目して～

身体運動科学研究領域

5012A017-1 木村 康宏

研究指導教員：矢内 利政 教授

【緒言】

野球において、投手は打者を抑えるために、ストレートだけでなくスライダーやカーブ、フォークと呼ばれる飛翔軌道の異なる様々な変化球を投げ分けようとする。これまでの研究で、投手が投じるボールの飛翔軌道を決定する要因はボールの移動速度，回転速度，回転軸の向きであること，そして投手はそれらを変化させることで様々な変化球を投げ分けていることが明らかとなっている。したがって，投手が投じる様々な球種の特徴を明らかにするためには，飛翔軌道の変位量に影響を及ぼすボール移動速度，回転速度，回転軸の向きを総合した指標によって評価する必要があると考えられる。しかし，多種多様な変化球それぞれの特徴は明らかとなっておらず，投手が各球種を投げ分ける際に，特にどの変数を変化させているかは明らかでない。そして，変化球の名称が投手の宣言によって決定されること，同一球種であっても投手によって回転軸の向き等が異なることがあるため，大勢の投手が投じる変化球のそれぞれが独立した特徴を有するののかも明らかではない。そこで本研究の目的は，ボールの移動速度，回転速度，回転軸の向きに基づいて，大勢の一流投手が投じる様々な変化球が独立した球種として分類されるのかを明らかにし，さらにそれらの球種間差を比較検討することによって，各球種の特徴を明らかにすることとした。

【方法】

プロ，社会人，大学野球投手の計 36 名に投球可能な変化球を自己申告させ，マウンドからそれら全球種を投げさせた。マウンド後方に設置したハイスピードカメラ（1000 fps）1 台でリリース前後のボールの運動を記録した。また，キャッチャー後方に設置したレーダー式スピードガンを用いてボール移動速度を計測した。明らかにストライクゾーンから逸脱せずに捕手に到達した 1 球を分析対象とした。ハイスピードカメラによって記録された映像をもとに特製のボール回転測定装置を用いてボールの回転軸角度（方位角 θ ，仰俯角 Φ ，図 1）と回転速度を算出した。ボールの自

由落下運動の推定軌道に対する飛翔軌道の水平成分，垂直成分の差をボールの変位量の推定値（ ΔX ， ΔZ ，図 2）とし，永見ら（2012）が実測より得た回帰式を用いて算出した。

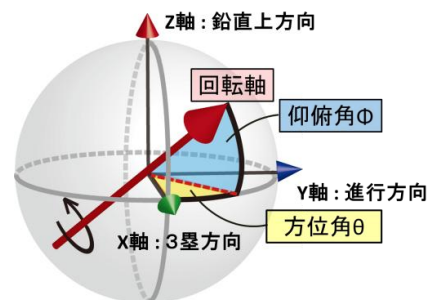


図 1 回転軸の向きを表す方位角 θ と仰俯角 Φ

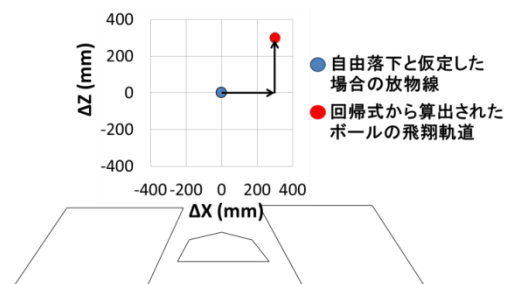


図 2 飛翔軌道の変位量（ ΔX ， ΔZ ）

飛翔軌道の変位量に影響を及ぼす 4 変量（ボール移動速度，回転速度，方位角 θ ，仰俯角 Φ ）を集約した総合的な指標を設定し，投球されたボールを特徴づけるために，4 変量に対して主成分分析を行い，主成分の固有値，寄与率，各主成分に対する因子負荷量，主成分得点を算出した。抽出された主成分上の全投球の主成分得点を投手が宣言した球種毎に分け，球種毎の平均値の差を比較するため，対応のない一元配置の分散分析を行った。その結果，主成分得点の平均値に有意差が認められず，全体から見て類似した球種とみなされた球種については，同一グループ内の球種間差の有無を確認するため，球種の数に応じて対応のない t 検定と一元配置の分散分析を行った。いずれの検定も有意水準は 5%未満とした。

【結果・考察】

全投球の移動速度、回転速度、回転軸の方位角と仰俯角に対して主成分分析を行い、球種毎の主成分得点を比較した結果、全9球種として自己申告された154球は6種の独立した球種として分類された。 $(p < 0.05)$ 、図3)。全体の中でカットボール、スライダー、カーブは投手によって申告された通り、それぞれが異なる特徴を有していることが示された $(p < 0.05)$ 。一方、ストレート、ツーシーム、シュートの3球種、同様にフォークとチェンジアップは全体の中でそれぞれが類似した球種であることが示された。また、シンカーはツーシームと類似した球種であり、シンカーとストレート、シュートは類似した球種として分類されていないものの、これら4球種は近い傾向を示すものであることが示唆された。

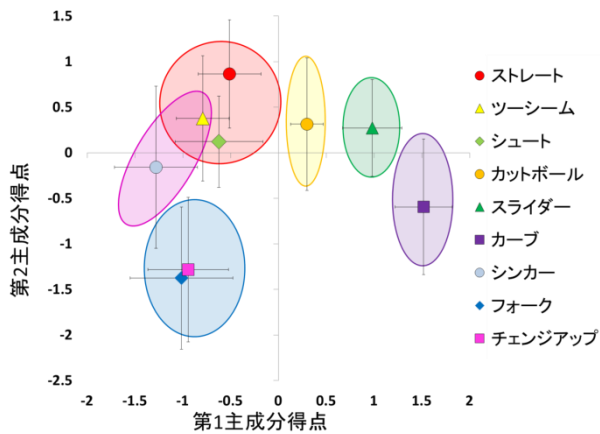


図3 各球種の第1, 2主成分の得点

カットボール、スライダー、カーブ以外の球種の回転軸はいずれも鉛直下向きに近づいていた。それに対して、カットボールの回転軸は進行方向に近づき、スライダーでは

進行方向から一塁方向かつ上向きに近づいていた。そのため、他の球種よりも自由落下に近い飛翔軌道となることが示された。次に、カーブではさらに回転軸が一塁方向に近づき、さらに移動速度が他の球種よりも小さいという特徴が見られ、その飛翔軌道は左下方へ変化することが示された。フォークとチェンジアップは、他の球種に比べて回転速度が小さいという特徴を有することが分かった。そのため、自由落下に近い飛翔軌道となると考えられるが、回転軸の向きが鉛直下向きに近づいているため、自由落下よりも右方向に変化することが示された。

以上のように、主成分分析によって縮約された6球種はそれぞれが独立した特徴を有することが示された。この結果は投手が自己申告した球種数を下回るものであり、いくつかの球種については自己申告した球種を区別することが困難であることが示された。これは、様々な投手が投じた同一球種内のばらつきが大きかったため、いくつかの球種では投手が自己申告した球種として区別することが困難になったと考えられる。そこで、類似した球種として分類された3種類のグループについては各変数の比較を行い、同一グループとして分類された複数の球種にどのような特徴があるのか、各変数の比較を行ったところツーシームとシュート以外の球種はそれぞれに移動速度、回転速度、回転軸の向きの少なくとも1項目について異なる特徴を有していた。投手は小さな差異を生み出すことで打者を打ち取るボールを投げ分けているものの、球種間の差以上に被験者間の差が大きいため、全体ではいくつかの球種は独立した特徴を有するものとはみなせないことが明らかとなった。

表1 9球種のボール移動速度、回転速度、回転軸角度、ボールの変位量

	n	移動速度 (m/s)		回転速度 (rps)		回転軸角度				ボールの変位量			
		平均	SD	平均	SD	方位角(°)		仰俯角(°)		Δx(mm)		Δz(mm)	
ストレート	36	37.4	2.4	34.2	2.5	33	23	-32	13	294	88	308	118
ツーシーム	12	36.8	1.9	30.3	4.4	23	29	-45	14	340	82	243	68
シュート	7	35.9	1.5	29.2	3.5	32	45	-38	12	304	70	229	187
カットボール	14	34.4	2.5	34.1	3.1	73	12	-4	10	83	90	168	90
スライダー	31	32.7	2.0	36.9	3.7	102	18	21	10	-165	111	-60	149
カーブ	21	29.0	2.1	35.4	5.2	140	30	26	14	-219	130	-322	225
シンカー	6	33.9	3.1	28.9	5.7	-61	72	-59	13	408	42	34	180
フォーク	15	34.3	2.2	15.2	5.4	21	69	-40	21	183	86	98	78
チェンジアップ	12	32.7	2.2	19.9	5.7	22	46	-57	21	300	119	136	61