

NPBにおける 投手が活躍でき、評価される環境とは？ ～活躍投手の分布と年俸から～

研究動機

【背景①:現役ドラフト】
2022年シーズンオフ、NPBに新制度「現役ドラフト」が導入され、12人の選手が移籍した。その中で、阪神の大竹耕太郎投手や中日の細川成也選手は移籍初年度にキャリアハイを大きく更新する成績を残した。現役ドラフトに限らず、トレードなどの移籍を機に大きく飛躍する選手が球団に関係なく存在する。そして、成績の飛躍は球界のレベルを向上させ、それに伴う人気向上にも期待できる。

【背景②:年俸満足度】
活躍を評価するのが年俸であるが、2022年オフの契約更改への満足度はほとんどの球団で50%を下回った(図1)。年俸満足度が低い状態は、海外他リーグへの選手流出などを引き起こしかねない。逆に、選手が年俸に満足できる環境にいる、あるいはそこへ移籍できることは球界のレベル維持・向上の為に重要である。

これらを踏まえ、選手にとって活躍しやすく、年俸で評価されやすいという最適な環境を明らかにすれば、選手移籍の重要性を示すことができ、それが移籍活性化に繋がれば**球界全体のレベルアップと人気向上**を期待できると考え、本研究を行った。

順位	球団	ポイント(%)
1	阪神	60.00
2	ソフトバンク	56.79
3	ロッテ	56.60
4	ヤクルト	48.15
5	広島	44.07
6	西武	43.10
7	巨人	42.67
8	中日	42.31
9	オリックス	41.51
10	DeNA	40.00
11	日本ハム	39.66
12	楽天	24.19

図1:2022年オフ契約更改満足度

研究概要 ※WARはFanGraphs版から補正を一部省略して算出

▷対象:NPB所属投手

▷目的:投手の特徴から「最適な環境」を明らかにする

最適な環境の定義…活躍しやすい + 年俸で評価されやすい
活躍の定義…先発:WAR \geq 0.75, 中継ぎ:WAR \geq 0.25

調査 I ～「活躍できる」の観点～

概要

▷対象:2019～2023シーズンに1軍公式戦で20投球回以上投げた全投手

▷目的:どんな特徴の投手がどの環境で活躍しやすいか明らかにする

▷方法:対象を特徴に基づいて分類 → どの環境では どの分類の投手の活躍の割合が高いのか調べる

分析① グループ作成

- 中継ぎは先発に比べて体力を気にしなくてよい分指標が良くなる
- 右腕と左腕にも同様に平均的な指標の値に差がある(図2)
- ⇒混ざった状態で分析すると、特徴を十分に表せない
- (例)左腕で平均球速146kmは速い→右腕含めた全体では普通

※2020シーズンは120試合制を考慮し、「16投球回以上」に緩和

図2:右腕と左腕の球速の平均(調査Iの対象投手)

対象投手をグループ分けすることで、投手の特徴が現れやすいようにした

- 先発右腕グループ … 先発登板率0.75以上かつ右投げ (先発登板率=先発数÷登板数)
- 先発左腕グループ … 先発登板率0.75以上かつ左投げ
- 中継ぎ右腕グループ … 先発登板率0.25以下かつ右投げ
- 中継ぎ左腕グループ … 先発登板率0.25以下かつ左投げ ※どれにも該当しない投手は除外

分析② クラスタ分析

非階層型クラスタ分析・k-means法を用い、以下の指標で投手を分類させた(グループ別)

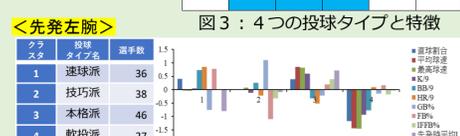
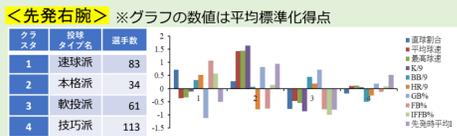
直球割合、最高球速、平均球速、奪三振率(K/9)、与四球率(BB/9)、被本塁打率(HR/9)、ゴロ率(GB%)、フライ率(FB%)、インフィールドフライ率(IFFB%)、先発時平均インニング

全てのグループの結果を、4つの投球タイプにあてはめて説明可能

中継ぎ左腕ではクラスタ数4で分析した際にどれにも当てはまらないクラスタが生じた。そこで、クラスタ数3にしたところ速球派と本格派の混ざった特徴を持つクラスタ「速球・本格派」が生じた。

投球タイプ	球速	直球	奪三振	投球回	その他
本格派	速	多	多	多	被HR少 30-I/FB多
速球派	普通	多	普通	普通	被HR多 フライ多
技巧派	普通	普通	少	やや多	普通
軟投派	遅	少	少	普通	被HR少

図3:4つの投球タイプと特徴



分析③ カイニ乗検定

- 活躍した投手の人数で「環境の違い」×「投球タイプ」のクロス集計表を作成
- 有意水準0.05のカイニ乗検定を実行

結果

●環境の違い:リーグ

<先発右腕> ※ () 内の数値は期待度数

	速球派	本格派	軟投派	技巧派	計
セ	15 (16.13)	7 (14.67)	14 (8.80)	52 (48.40)	88
パ	18 (16.87)	23 (15.33)	4 (9.20)	47 (50.60)	92
計	33	30	18	99	180

有意な差が得られた($\chi^2(3)=14.53, p=0.002(\leq 0.05), V=0.284$)
残差分析:セリーグはパリーグに比べて活躍投手の内の軟投派の割合が有意に高く、パリーグはセリーグに比べて活躍投手の内の本格派の割合が有意に高いことが示された

<中継ぎ右腕>

	軟投派	技巧派	速球派	本格派	計
セ	21 (19.25)	11 (14.44)	31 (34.22)	37 (32.09)	100
パ	15 (16.75)	16 (12.56)	33 (29.78)	23 (27.91)	87
計	36	27	64	60	187

有意な差は得られなかった($\chi^2(4)=4.37, p=0.223(>0.05), V=0.153$)

●環境の違い:ホーム球場が広い/狭い(広い:5年平均HRPF \geq 1.1, 狭い:5年平均HRPF \leq 0.9)

<先発右腕>

	速球派	本格派	軟投派	技巧派	計
広	18 (17.37)	15 (15.05)	6 (5.21)	49 (50.37)	88
狭	12 (12.63)	11 (10.95)	3 (3.79)	38 (36.63)	64
計	30	26	9	87	152

有意な差は得られなかった($\chi^2(3)=0.427, p=0.934(>0.05), V=0.0530$)

<中継ぎ右腕>

	軟投派	技巧派	速球派	本格派	計
広	19 (15.58)	12 (12.24)	25 (30.04)	28 (26.15)	84
狭	9 (12.42)	10 (9.76)	29 (23.96)	19 (20.85)	67
計	28	22	54	47	151

有意な差は得られなかった($\chi^2(3)=0.742, p=0.690(>0.05), V=0.112$)

<先発左腕>

	速球派	技巧派	本格派	軟投派	計
セ	2 (4.11)	17 (12.34)	22 (22.91)	6 (7.64)	47
パ	5 (2.89)	4 (8.66)	17 (16.09)	7 (5.36)	33
計	7	21	39	13	80

有意な差が得られた($\chi^2(3)=7.84, p=0.049(\leq 0.05), V=0.313$)
残差分析:セリーグはパリーグに比べて活躍投手の内の技巧派の割合が有意に高いことが示された

<中継ぎ左腕>

	速球・本格派	軟投派	技巧派	計
セ	6 (9.51)	20 (14.27)	11 (13.21)	37
パ	12 (8.49)	7 (12.73)	14 (11.79)	33
計	18	27	25	70

有意な差が得られた($\chi^2(2)=8.42, p=0.015(\leq 0.05), V=0.346$)
残差分析:セリーグはパリーグに比べて活躍投手の内の軟投派の割合が有意に高いことが示された

調査 II ～「年俸で満足に評価される」の観点～

概要

▷対象:2019～2023シーズンにNPB球団と支配下契約を結んでいた全投手

▷目的:どんな特徴の投手がどの環境で年俸で評価されやすいか明らかにする

▷方法:球団別に年俸を前年成績と通算成績で予測する式を立式 → 球団による査定システムの違いを調べる

分析① グループ作成

先発・中継ぎそれぞれに特有な指標がある(完投,ホールドなど)

各球団でさらに先発/中継ぎに分類

先発:先発登板率 \geq 0.75 かつ 通算平均1試合投球回 \geq 3
中継ぎ:先発登板率 \leq 0.25 かつ 通算平均1試合投球回 \leq 2
※どちらにも該当しないor登板0の投手は除外

分析② 自然対数変換

年俸を重回帰分析の目的変数に使用したいが、非正規分布(図4)=残差が正規性を持たない恐れ
→年俸(万円)を自然対数変換した「年俸'」は正規分布(図5)→目的変数には年俸'を用いる



図4:中日の投手の年俸(万円)と期待値(2019～2023)

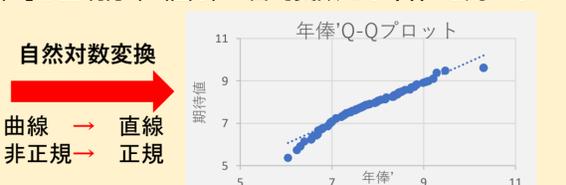


図5:中日の投手の年俸'と期待値(2019～2023)

分析③ 主成分分析

成績には投球した量を表す指標と投球の質を表す指標の二種類があることに注目

→特徴を表す成績を表す四つの「指標分類」に分類(赤字:先発のみ、青字:中継ぎのみ、黒字:共通)

- 前年度度の指標(PA):先発,勝利,完投,救援登板,セーブ,HP
- 前年度度の質的指標(PQ):防御率,与四球率,被打球,被本塁打率,奪三振,勝率,平均投球回
- 通算的指標(TA):年齢,通算登板,通算勝利,通算完投,通算セーブ,通算HP
- 通算的指標(TQ):通算防御率,通算与四球率,通算被打球,通算本塁打率,通算奪三振率,通算勝率,通算平均投球回

指標を重回帰分析の説明変数に使用したいが、多重共線性(VIF:10)が多々確認された
→相関の強い変数同士の片方を削除するのは真に重要な要素を見落としかねない
→強い相関のほとんどが指標分類内にあることに着目し、各指標分類内で主成分分析することで、主成分という独立な形の変数に要約する(主成分回帰分析)

分析④ 重回帰分析

目的変数:年俸' 説明変数:累積寄与率が80%を超えるところまでの主成分

球団別に先発/中継ぎそれぞれで…

- 標準化した目的変数・説明変数で分析実行
- P値最大の説明変数除外 再度重分析実行
- ②をP値0.05以下の説明変数だけの回帰式が得られるまで行う

主成分は指標分類名と何個目の主成分かが分かるように名前を付けた
例)PAの第1主成分→PA1
※主成分分析は球団別に実行したため、同じ変数名でも球団によって中身が異なる

<先発・結果>

球団	補正R2	有意F	係数																	
			PA1	PA2	PQ1	PQ2	PQ3	PQ4	TA1	TA2	TQ1	TQ2	TQ3							
巨人	0.853	1.27E-08	0.553						0.288	0.617										
阪神	0.721	9.76E-08	0.372	-0.273										0.472		-0.211		0.172		
中日	0.878	1.6E-14	0.492										0.589	-0.138						
広島	0.921	3.74E-13	0.534																	
ヤクルト	0.827	3.66E-12	0.572													-0.370		0.350		
DeNA	0.894	1.31E-12	0.286					0.116		0.115					-0.147					
オリックス	0.683	3.96E-06	0.580												-0.397					
ソフトバンク	0.824	1.01E-07																-0.597		0.303
日本ハム	0.801	1.64E-08	0.844											0.334						
ロッテ	0.866	1.66E-10	0.224											0.521				-0.315		
西武	0.829	1.79E-07	0.488	-0.316														-0.507		0.277
楽天	0.865	3.97E-15	0.400	-0.124										0.503				0.259		

<中継ぎ・結果>

球団	補正R2	有意F	係数																	
			PA1	PA2	PQ1	TA1	TA2	TQ1	TQ2											
巨人	0.877	1.36E-12	0.567	0.376				0.568												
阪神	0.861	3.16E-18	0.697	0.185				0.346												
中日	0.818	3.6E-16	0.579	0.288				0.425											-0.171	
広島	0.598	4.43E-08	0.517					0.667												
ヤクルト	0.826	4.18E-15	0.724					0.281											-0.199	
DeNA	0.858	7.18E-19	0.475					0.344	0.187											0.279
オリックス	0.862	4.92E-20	0.601	0.225				0.393												
ソフトバンク	0.840	1.03E-19	0.417	0.166				0.621												
日本ハム	0.846	3.35E-16	0.607					0.509												
ロッテ	0.901	2.95E-22	0.277	-0.174				0.807												
西武	0.492	0.000442						0.532												-0.231
楽天	0.739	2.34E-08	0.856	0.597	0.343															

全結果で… F値 \leq 0.05,補正R2:0.5付近かそれ以上 → 有意かつ一定精度の回帰式が得られた
[なお、VIFによって説明変数の独立性、残差についてはQ-Qプロットによって正規性、残差グラフによって等分散性、ダービンF検定によって残差の独立性、説明変数と目的変数の相関係数と散布図によって線形性を調べ、全ての結果で条件を満たしていることを確認している]

分析⑤ クラスタ分析

階層型クラスタ分析・ウォード法を用い、指標分類影響率で球団(先発/中継ぎ 別)を分類させた

結果

クラスタ	所属数	所属メンバー
1	11	巨人先発, 中日先発, 広島先発, 広島中継ぎ, DeNA先発, DeNA中継ぎ, ソフトバンク中継ぎ, ロッテ先発, ロッテ中継ぎ, 西武中継ぎ, 楽天先発
2	9	巨人中継ぎ, 阪神中継ぎ, 中日中継ぎ, ヤクルト中継ぎ, オリックス先発, オリックス中継ぎ, 日本ハム先発, 日本ハム中継ぎ, 楽天中継ぎ
3	4	阪神先発, ヤクルト先発, ソフトバンク先発, 西武先発

<クラスタ1>

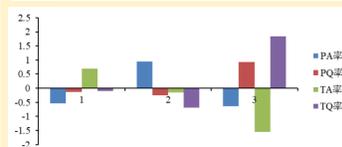
TA率高 & PA率・PQ率低
→実績を重視する
「経験重視型」

<クラスタ2>

PA率高 & TA率・TQ率低
→直近成績を重視する
「成果重視型」

<クラスタ3>

PQ率・TQ率高 & PA率・TA率低
→投球内容を重視する
「内容重視型」



「指標分類の係数の絶対値の和 ÷ 式全体の係数の絶対値の和」
各指標分類の年俸査定への影響度を算出したもの(%)

球団	分類	PA率	PQ率	TA率	TQ率
巨人	先発	47.26	0.00	52.74	0.00
巨人	中継ぎ	62.39	0.00	37.61	0.00
阪神	先発	37.24	16.67	0.00	46.09
阪神	中継ぎ	71.84	0.00	28.16	0.00
中日	先発	36.55	0.00	35.01	28.44
中日	中継ぎ	59.24	0.00	29.07	11.69
広島	先発	36.60	0.00	49.81	13.59
広島	中継ぎ	43.66	0.00	56.34	0.00
ヤクルト	先発	44.29	0.00	0.00	55.71
ヤクルト	中継ぎ	60.15	0.00	23.32	16.52
DeNA	先発	43.08	17.41	17.33	22.18
DeNA	中継ぎ	36.95	0.00	41.33	21.72
オリックス	先発	59.35	0.00	40.65	0.00
オリックス	中継ぎ	67.75	0.		