

〔研究ノート〕

野球投球におけるボールリリース時の 爪ひずみとボールの回転

齋藤健治¹, 渡邊正和²

要 旨

投球スピード、回転数、縦横方向の変化量、回転軸の傾きを計測できるセンサボールと、人差し指および中指の爪に貼付したひずみゲージを用いて、ボールのスピードや回転などの投球パラメータとボールリリース直前の握り方やボールリリース時の指とボールの離れ方との関連を調べた。対象とした3人の爪ひずみから、人差し指でリリースするタイプ、両指を均等に、かつ両指の互いに向き合う部位を使うタイプ、両指を均等ではあるがともに同じ側を使うタイプが見られた。投球パラメータと爪ひずみの間の相関にも個人差があり、スピードと回転数の両方に、概ね回転数に、あるいは概ねスピードに相関がある例が認められた。また、縦変化量、回転軸の角度との間に相関が認められる例があった。

キーワード：野球投球、ボールリリース、爪ひずみ、ひずみゲージ、投球パラメータ

はじめに

野球のパフォーマンスを評価する方法はセイバートリクスや三次元動作解析など多岐にわたり、その中でも投球や打球のボールトラッキング計測分析は近年目覚ましい発展を遂げている [3]。特に、投手が投げるボールの変化については研究対象 [1, 4, 7] としてだけでなく一般愛好家にとっても興味の対象になっていると言える。投手が投げる投球の球種には様々な名

称が昔からつけられており、野球経験者であれば、それらのうちの数球種を投げ分けることは可能であると言える。球種を投げ分けるということはボールの回転を操作することであり、新しい話題ではないものの、それを量的に表現することは、近年のトピックとして取り上げられている。

上述の例のように、投球動作や投球に関する研究は、画像・動画分析技術の発展にともない進められてきたが、著者らは、爪にひずみゲ-

1 名古屋学院大学スポーツ健康学部

2 福岡大学スポーツ科学部

Correspondence to: Kenji Saitou

E-mail: saiken@ngu.ac.jp

Received 26 December, 2023

Accepted 27 December, 2023

ジ（センサ）を貼付することで、そのひずみからボールリリース近辺の情報を検出する方法を開発した [6]。本研究では、それに加え、ボールスピードだけでなく、投球の回転数、変化量、回転軸を計測できるセンサボールも用いて、投球パラメータとボールリリース近辺の握り方や指とボールの離れ方との関連を調べた。

方法

1. 実験参加者

野球経験が10年以上の、大学野球部に所属する右投げ投手3名（上手投げ2名、横手投げ1名）であった。実験に際し、研究の趣旨を説明し同意を得た。

2. ひずみゲージ貼付

図1 (a) に、人差し指（II指）と中指（III指）の爪へ貼付したひずみゲージ（KFG-1N-120-C1-11, 共和電業社製）の配置について図示する。それぞれの爪に、図1 (b) に示すようにゲージを貼付し、便宜上、東西南北の方位を援用してそれぞれE, W, Nと表した（爪の先がN）。

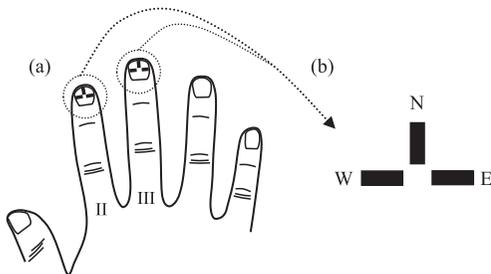


Fig. 1 (a) Six strain gauges were affixed on the nails of 2nd (II) and 3rd (III) fingers. (b) Three strain gauges on each nail were expressed by north (N), west (W) and east (E) for distinguishing the location on each nail.

3. ボールの回転の計測

硬式のセンサボール（MA-Q, ミズノ社製）を用いた。このセンサボールにより投球スピード (km/h), 回転数 (rpm), 縦変化量 (cm), 横変化量 (cm), 投手から見た回転軸角度 (deg), 上から見た回転軸角度 (deg) を計測することができる。以下、これらを投球パラメータ (pitching parameter) と呼ぶ。角度の定義は図2の a, b に示す。水平ラインより回転軸が時計回りに傾くと負値をとる (図2a) [2]。また、上から見た時に投球の直交ラインより時計回りに傾くと負値をとる (図2b) [2]。右投げの場合、概ね、投手から見た角度は負値、上から見た角度は正值となりやすい。

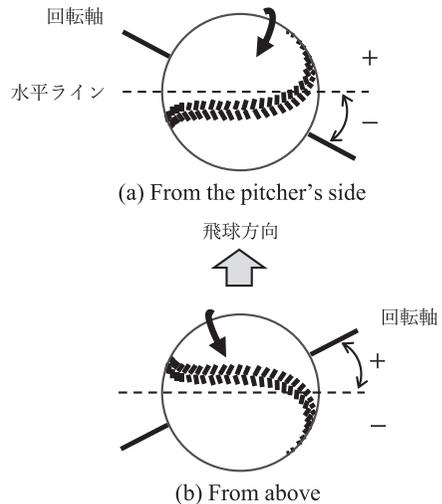


Fig. 2 Description of the angles measured by the sensor ball.

4. 試技

実験参加者に投球練習場（野球場のブルペン）において捕手に対して最大努力で速球（直球, ストレート）を10球投球させた。ただし、参加者のコンディションの影響で、必ずしもそれぞれの最大努力が継続されたとは限らない。

これらの試技時の爪ひずみを計測した。

5. データ分析

ひずみゲージの出力は、ひずみアンプ (NR-ST04, キーエンス社製) を介して、サンプリング周波数1,000Hz, 精度16bitでA/D変換しPCに取り込んだ。投球パラメータについては、スマートフォンのアプリを用いて計測し、実験終了後、計測値をファイル出力した。

ひずみデータは、波形としての観察とひずみ最大値 (絶対値としての) の検出を行い、その後、投球パラメータとの関連を単相関分析、重回帰分析により検討した。

結果

以下では、爪に貼付したひずみゲージの出力から、ボールリリースと考えられる波形ピーク時刻を0.0sとしたひずみ波形を1.2s間示す (単

位は μe , マイクロひずみ)。投球の動きやその時間には個人差があるものの、概ね-1s (リリース前1s) は、振り挙げ脚 (左脚) をステップするタイミングである。参加者毎に、10回の投球試技を重ね合わせて示した (参加者Aは9試技, 参加者CはIIEの全てとIIIEの10球目が欠損)。全ての波形の基線レベルがひずみゼロの状態に相当し、それより下方の波形、すなわち負の値が爪表面の圧縮ひずみ、正の値が爪表面の引張ひずみである。

1. 投球リリース近辺での爪ひずみ

参加者A, B, Cの三人が投球した時の6つのひずみ波形を図3, 4, 5に示す。リリースにおいて、いずれの部位においてもひずみが圧縮の負値を示す点では、概ね共通していた (BのIIWは正值)。

参加者Aは、II指のリリースでの関わりが強く、III指はリリースにあまり関与していない

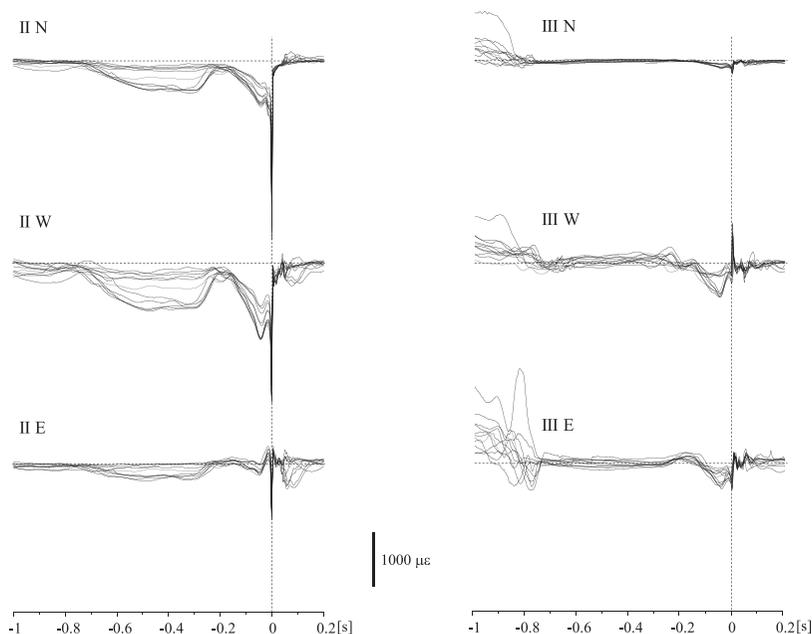


Fig. 3 Waveforms measured with six strain gauges when participant A threw the sensor ball ten times.

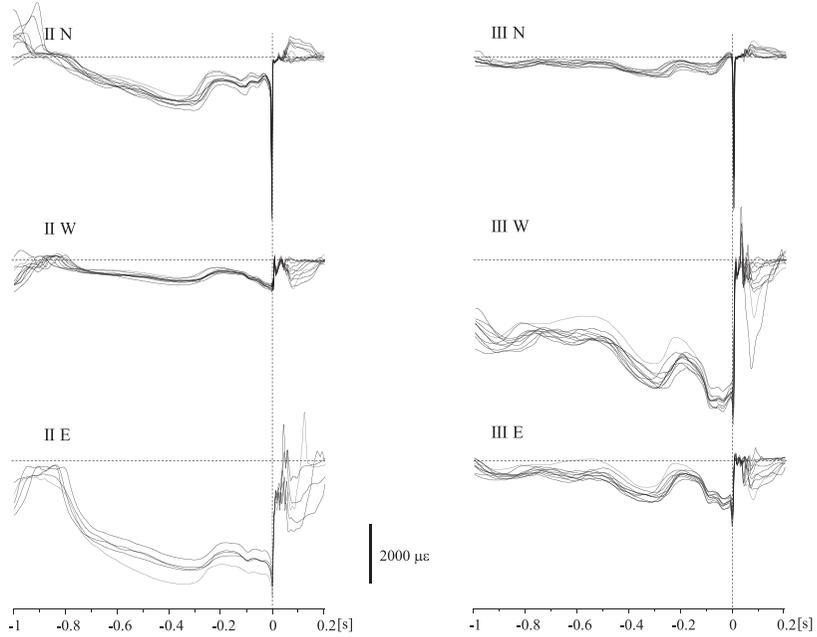


Fig. 4 Waveforms measured with six strain gauges when participant B threw the sensor ball ten times.

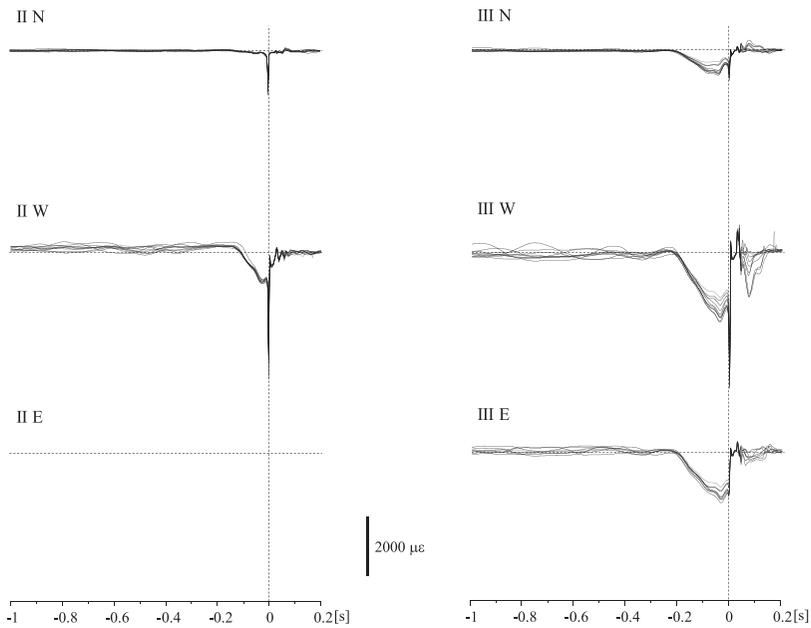


Fig. 5 Waveforms measured with six strain gauges when participant C threw the sensor ball ten times. Data IIE is missing due to measurement error.

Table 1 Mean values of pitching parameters measured by the sensor ball (MA-Q), and of nail strain at the time of release measured by the strain gauge, when participants A, B, and C pitched. Dashes indicate missing values.

	スピード [km/h]	回転数 [rpm]	縦変化量 [cm]	横変化量 [cm]	投手から 見た角度 [deg]	上から 見た角度 [deg]	IIN [me]	IIW [με]	IIE [με]	IIIN [με]	IIIW [με]	IIIE [με]
A	101.1	1611.7	41.8	6.9	-9.4	-2.7	-2690.6	-2232.0	-942.3	-180.0	-467.9	-452.8
B	134.0	1929.5	18.8	0.4	-2.6	45.6	-4246.1	-943.4	-3618.6	-4012.5	-4850.8	-1788.7
C	120.4	1610.4	15.9	12.8	-33.0	43.7	-1228.1	-3515.0	—	-756.4	-3956.8	-1875.9

Table 2 Correlations between the maximum strain measured by strain gauges affixed to the nails of the second and third fingers and the pitching parameters. Shading indicates significant correlation ($p < 0.05$).

参加者	ゲージ 貼付位置	スピード	回転数	縦変化量	横変化量	投手から みた角度	上から みた角度
A	IIN	-0.683	-0.813	-0.168	-0.178	0.174	-0.219
	IIW	-0.828	-0.843	-0.293	0.280	-0.284	0.098
	IIE	-0.467	-0.586	-0.036	-0.190	0.203	-0.477
	IIIN	-0.672	-0.876	-0.368	0.059	-0.097	-0.081
	IIIW	-0.218	-0.429	-0.265	-0.242	0.238	-0.079
	IIIE	-0.271	-0.612	-0.589	0.137	-0.144	-0.416
B	IIN	-0.373	-0.907	0.415	-0.136	0.205	-0.588
	IIW	-0.041	-0.609	-0.092	0.219	-0.212	-0.073
	IIE	0.026	-0.790	0.107	-0.249	0.252	-0.354
	IIIN	-0.739	-0.724	0.401	-0.502	0.537	-0.510
	IIIW	0.391	0.398	-0.635	0.567	-0.641	0.666
	IIIE	-0.244	0.101	-0.338	0.276	-0.293	0.382
C	IIN	-0.667	0.308	0.327	0.277	0.230	-0.368
	IIW	-0.019	-0.206	-0.283	-0.360	0.029	0.340
	IIE	—	—	—	—	—	—
	IIIN	-0.643	0.310	-0.352	0.659	-0.488	0.338
	IIIW	-0.762	0.420	-0.221	0.466	-0.349	0.252
	IIIE	-0.432	-0.472	0.502	0.257	-0.070	0.062

Table 3 Results of multiple regression analysis with speed (left) and number of rotations (right) as objective variables and six strains as explanatory variable and the influence of the partial regression coefficient. Shading indicates that the effect of the regression coefficient is significant ($p < 0.05$).

		ボールスピード				回転数				
		値	標準誤差	t値	p値	値	標準誤差	t値	p値	
A	切片	66.7150	32.3813	2.0602	0.1084	切片	325.1564	306.9792	1.0592	0.3492
	IIN	0.0220	0.0369	0.5951	0.5837	IIN	0.8351	0.3502	2.3843	0.0756
	IIW	-0.0157	0.0144	-1.0853	0.3388	IIW	-0.4074	0.1369	-2.9756	0.0409
	III	-0.0352	0.0739	-0.4763	0.6586	III	-1.7199	0.7012	-2.4528	0.0702
	IIIN	-0.2119	0.1523	-1.3916	0.2364	IIIN	-2.6785	1.4441	-1.8548	0.1372
	IIIW	-0.0257	0.0542	-0.4746	0.6597	IIIW	-0.8699	0.5139	-1.6925	0.1658
	III	0.0548	0.0464	1.1800	0.3026	III	-0.2529	0.4397	-0.5750	0.5960
B	切片	113.1065	16.4442	6.8781	0.0062	切片	-205.7913	520.9962	-0.3950	0.7192
	IIN	-9.15E-05	0.0010	-0.0868	0.9363	IIN	-0.0667	0.0334	-1.9962	0.1398
	IIW	-4.32E-04	0.0108	-0.0401	0.9705	IIW	-0.4250	0.3412	-1.2468	0.3009
	III	0.0034	0.0018	1.8900	0.1551	III	-0.1122	0.0577	-1.9451	0.1469
	IIIN	-0.0056	0.0019	-2.9447	0.0602	IIIN	-0.1369	0.0612	-2.2377	0.1111
	IIIW	-0.0037	0.0025	-1.4891	0.2332	IIIW	-0.1020	0.0798	-1.2770	0.2914
	III	4.76E-03	3.37E-03	1.4100	0.2528	III	-5.71E-05	0.1067	-5.35E-04	0.9996
C	切片	100.4939	6.6901	15.0211	6.40E-04	切片	1856.6623	323.8180	5.7336	0.0105
	IIN	-4.89E-03	0.0038	-1.2710	0.2933	IIN	0.0127	0.1862	0.0683	0.9497
	IIW	-1.29E-03	1.27E-03	-1.0180	0.3836	IIW	0.0132	0.0614	0.2146	0.8438
	III					III				
	IIIN	0.0059	0.0081	0.7367	0.5146	IIIN	-0.4986	0.3918	-1.2725	0.2928
	IIIW	-0.0033	0.0022	-1.5323	0.2229	IIIW	0.1445	0.1072	1.3480	0.2704
	III	-2.55E-04	1.96E-04	-1.3000	0.2850	III	-9.21E-03	9.51E-03	-0.9690	0.4040

Table 4 Coefficient of Determination of multiple regression equations with speed and number of rotations as objective variables and significance ($p < 0.05$) of the equations.

		r^2	p値
A	スピード	0.8156	0.1574
	回転数	0.9596	0.0093
B	スピード	0.8487	0.2133
	回転数	0.9730	0.0187
C	スピード	0.9003	0.0974
	回転数	0.5957	0.5795

考察

投球スピードだけでなく、回転数、縦横方向の変化量、回転軸の傾きを計測できるセンサボールと、II指（人差し指）およびIII指（中指）の爪に貼付したひずみゲージを用いて、投球パラメータとボールリリース直前の握り方やリリースの仕方との関連を調べた。人差し指と中指でリリースするという意味で同じストレートボール（直球）ではあってもその様相には当然ながら個人差があり、したがって、リリース時の指の姿勢、ボールへの力のかけ具合、ボールの回転などは多様であると言える。本研究では、ほぼ人差し指でのみリリースするタイプ（A）、両指を均等に、かつ両指の互いに向き合う部位

(IIEとIIIW)を使うタイプ(B), 両指を均等ではあるがともに同じ側(IIWとIIIW)を使うタイプ(C:横手投げ)が見られ, 投球においてもスピードだけでなく, 回転数, 回転軸など違いが見られた。ただし, それら現象間の関連を明らかにすることは簡単ではない。大岡・前田 [5] が指摘しているように, スピードと回転量を大きくする動きも必ずしも同一ではないと考えられ, それは, 本研究の相関分析, 回帰分析からも同様なことがうかがえる。つまり, いわゆるスナップ動作はもちろんのことであるが, 特にボールスピードに関してはそれまでの投球動作(運動連鎖)の影響が考えられるからである。一方で, 本研究における参加者Cのように, IIN, IIINのひずみの割にWとE(IIEは欠損だが)のひずみが大きい場合は, リリース時の指のかかり具合が弱い(指の腹でのリリース)可能性があり, その結果, スピードとの相関は高いのに比べ回転数との相関が低くなったのではないかと考えられる。また, 参加者Bについては, IIIWと縦変化量, 回転軸角度との間に相関が認められており, より指の長いIII指が回転軸の傾きに影響を与えている可能性がある。この点も含めて, リリース時の指とボールの接触状態を高速, 高解像撮影する同時計測が不可欠になってくると思われる。

文献

- [1] 廖本嵩, 中島大貴, 半田卓也, 菊地啓太, 桜井伸二 (2022) 野球の投手が投じるストレートのバックspin回転数と投球の高低が打者の打撃結果に及ぼす影響—フライ打球とゴロ打球の割合に着目して—, 中京大学体育研究所紀要, 36, 55-61.
- [2] <https://jpn.mizuno.com/baseball/products/MAQ> (2023年12月14日時点)
- [3] 永見智行 (2020) 三次元計測に基づくスポーツ研究・応用事例:野球の場合, 計測と制御, 59(10), 733-738.
- [4] 中島大貴, 桜井伸二 (2019) 野球における投球の回転が打球の回転に及ぼす影響, 中京大学体育研究所紀要, 33, 89-92.
- [5] 大岡昌平, 前田正登 (2012) 野球投手における投球腕の動作がボールの回転に及ぼす影響, 体育・スポーツ科学, 21, 41-47.
- [6] 齋藤健治, 井上一彦, 渡辺正和, 井上伸一, 酒井淳一, 竹田忠紘 (2012) 野球投球におけるボールリリース時の爪ひずみと接触力の計測, 名古屋学院大学論集 医学・健康科学・スポーツ科学篇 1(1), 35-46.
- [7] 渡部峻, 安田智哉, 玉木昂太 (2023) 大学野球投手における直球の「質」の分析, 北翔大学北方圏生涯スポーツ研究所年報, 13, 73-75.

[Research Notes]

Strain of nails at ball-release and ball spin during baseball pitch

Kenji Saitou¹, Masakazu Watanabe²

Abstract

Using a sensor ball capable of measuring pitching speed, number of rotations, amount of vertical and horizontal change, and tilt of the axis of rotation, and strain gauges affixed to the nails of the index and middle fingers, we investigated the relationship between those pitching parameters and the way the ball was grasped and released immediately before ball release. Based on the nail strain, we found a type of release with the index finger, a type that used both fingers equally, and a type that used both fingers equally but both on the same side. There were also individual differences in the correlations between pitch parameters and nail strains, with types found correlating to both speed and number of rotations, generally to number of rotations, or generally to speed. There were also types of correlations between the strain of nail and longitudinal change, and the angle of the axis of rotation.

Keywords: baseball pitch, ball-release, strain of nail, strain gauge, pitching parameter

1 Faculty of Health and Sports, Nagoya Gakuin University

2 Faculty of Sports and Health Science, Fukuoka University