

## 日本一流男子 800m 選手のレースパターンの特徴 ～川元 奨選手のレースパターンの特徴～

門野洋介<sup>1)</sup> 榎本靖士<sup>2)</sup>  
1) 仙台大学 2) 筑波大学

### 1. 目的

本稿では、男子 800m の日本記録保持者である川元奨選手（スズキ浜松 AC）のレースパターンの特徴を、他の選手や川元選手個人内のレースパターンと比較することにより明らかにすることを目的とした。

### 2. 方法

以下の方法により、レース分析を行なった。1～2 台のビデオカメラ（60Hz）を用い、スタンドからレース全体を VTR 撮影した。スタートピストルの閃光をシャッタースピード 1/60s で撮影した後、シャッタースピード 1/500～1/1000s で選手を追従撮影した。撮影した映像のうち、表 1 に示した 3 つの競技会における男子 800m レースを分析した。撮影した VTR 画像から 100m 毎の通過タイムを読み取り（但し、最初の地点はブレイクラインの 120m とした）、通過タイムから各区間に要したタイム（区間タイム）を算出し、区間距離を区間タイムで除すことにより区間平均走スピード（スピード）を算出した。また、各区間において 10 歩に要した時間を読み取り、1 歩の平均時間の逆数をピッチ、スピードをピッチで除すことによりストライドを算出し

た。

### 3. 結果および考察

表 2 は、3 つのレースにおける川元選手、2015 年日本選手権 2 位の横田真人選手（富士通）および 3 位の田中匠瑛選手（盛岡市役所）の通過タイム、スピード、ピッチおよびストライドを表したものであり、図 1 は 2015 年日本選手権決勝、図 2 は 2014 年および 2015 年のゴールデンングランプリにおける川元選手のそれらの変化を表したものである。

日本選手権決勝では、川元選手が 3 番手でそのすぐ後方に横田選手が付ける形で 400m を通過し、500～600m で川元選手が 2 番手、横田選手が 3 番手に順位を上げ、700m 付近で川元選手が先頭、横田選手が 2 番手に順位を上げ、ラスト 100m で横田選手が川元選手に並んだが、川元選手が振り切って一着でフィニッシュした。このときの 2 人のスピードの変化をみると（図 1）、ほとんど同じパターンであることがわかる。しかし、ピッチおよびストライドの変化をみると、川元選手のこれらはレース全体を通して非常に滑らかに変化しているのに対し、横田選手はやや増減がみられた。3 位の田中選手は上位 2 名とややスピードの変化が異なるが、ピッチおよびストライドの変化を川元選手と比べると、田中選

表 1 分析対象とした競技会

年月日	競技会	場所
2014年5月11日	セイコーゴールデングランプリ2014東京	国立
2015年5月10日	セイコーゴールデングランプリ2015川崎	等々力
2015年5月28日	第99回日本陸上競技選手権大会	デンカビッグスワンスタジアム新潟

表2 2014年および2015年ゴールデングランプリにおける川元選手および2015年日本選手権決勝上位3名の通過タイム、スピード、ピッチおよびストライド

		120m	200m	300m	400m	500m	600m	700m	800m
2014年 GGP	通過タイム	15.48	25.58	38.71	52.24	1:05.83	1:19.15	1:32.29	1:45.75
	スピード (m/s)	7.75	7.93	7.61	7.40	7.35	7.51	7.61	7.43
	川元 奨								
1:45.75	ピッチ (歩/s)	3.75	3.57	3.48	3.39	3.43	3.53	3.61	3.70
	ストライド (m)	2.07	2.22	2.18	2.18	2.15	2.13	2.11	2.01
	2015年 GGP								
2015年 GGP	通過タイム	15.62	25.76	39.11	52.75	1:06.62	1:20.20	1:33.54	1:46.79
	スピード (m/s)	7.68	7.89	7.49	7.33	7.21	7.36	7.49	7.55
	川元 奨								
1:46.79	ピッチ (歩/s)	3.79	3.55	3.44	3.39	3.43	3.44	3.59	3.72
	ストライド (m)	2.03	2.22	2.17	2.17	2.11	2.14	2.09	2.03
	2015年 日本選手権 決勝								
2015年 日本選手権 決勝	通過タイム	16.02	26.13	39.44	53.44	1:07.58	1:21.83	1:35.61	1:49.02
	スピード (m/s)	7.49	7.91	7.51	7.14	7.07	7.02	7.26	7.46
	川元 奨								
1:49.02	ピッチ (歩/s)	3.77	3.61	3.51	3.39	3.39	3.39	3.57	3.79
	ストライド (m)	1.99	2.19	2.14	2.11	2.09	2.07	2.03	1.97
	2015年 日本選手権 決勝								
2015年 日本選手権 決勝	通過タイム	16.02	26.31	39.61	53.62	1:07.75	1:22.08	1:35.75	1:49.16
	スピード (m/s)	7.49	7.77	7.52	7.14	7.08	6.98	7.32	7.45
	横田真人								
1:49.16	ピッチ (歩/s)	3.75	3.61	3.61	3.46	3.53	3.48	3.68	3.68
	ストライド (m)	2.00	2.15	2.08	2.06	2.01	2.00	1.99	2.03
	2015年 日本選手権 決勝								
2015年 日本選手権 決勝	通過タイム	16.20	26.56	40.22	54.19	1:08.39	1:22.27	1:36.06	1:50.60
	スピード (m/s)	7.41	7.72	7.32	7.16	7.04	7.20	7.25	6.88
	田中匠瑛								
1:50.60	ピッチ (歩/s)	3.68	3.48	3.46	3.33	3.43	3.37	3.46	3.31
	ストライド (m)	2.01	2.22	2.11	2.15	2.06	2.14	2.09	2.08

手の方がこれらの増減が大きいことがわかる。

2014年および2015年ゴールデングランプリにおける川元選手のスピードの変化を比べる(図2)と、レース全体を通して変化パターンはほとんど同じであるが2014年の方が若干大きなスピードで推移しており、ラスト100mでは2014年が減少しているのに対して2015年では維持されていた。ピッチおよびストライドの変化をみると、大きさ、変化パターンともにほとんど同じであった。また、これらの変化パターンは、前述の日本選手権においてみられた特徴と同様、レース全体をとおして滑らかに変化していた。

以上のように、川元選手のレースパターンを、他の選手や川元選手個人内で比較した結果、川元選手はレース全体を通してピッチおよびストライドを滑

らかに変化させて走っていることが明らかとなった。レース中、必要以上にピッチおよびストライドの増減を繰り返すことはエネルギーのロスにつながると考えられるため、これらの無駄な変化はできる限り避けた方がよいであろう。川元選手は、今回分析を行なった3つのレースすべてにおいて、非常に滑らかなピッチとストライドの変化パターンを示していたことから、このような走り方ができることが川元選手の特徴であると考えられ、効率のよいレースを行なうための一つの技術であると考えられる。

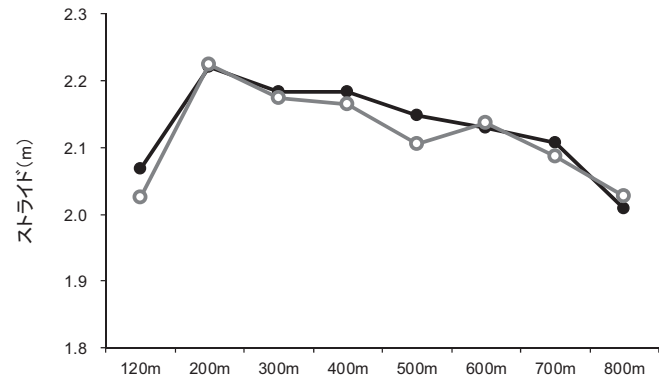
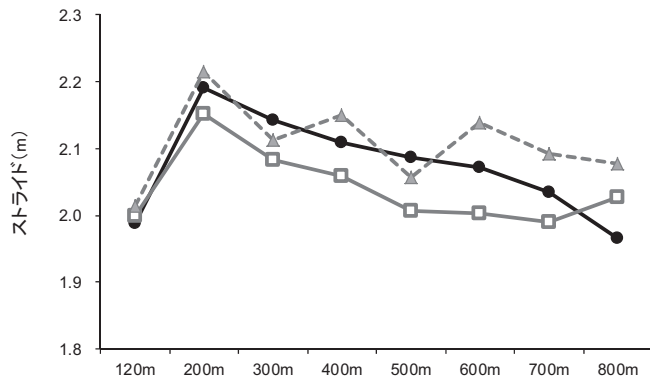
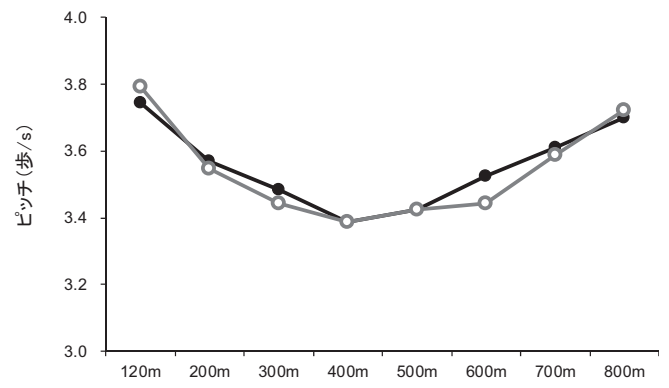
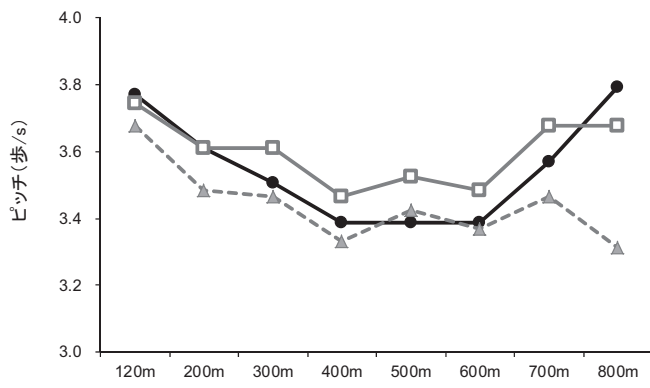
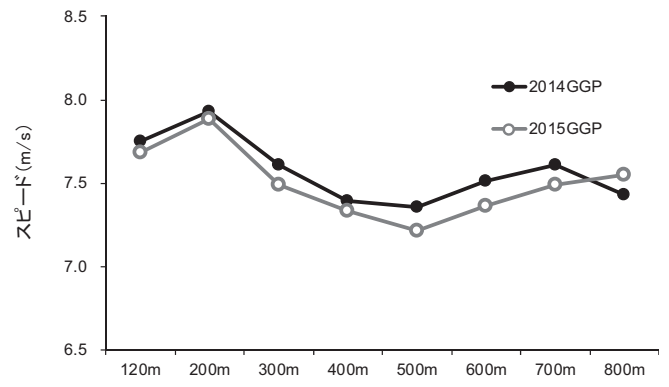
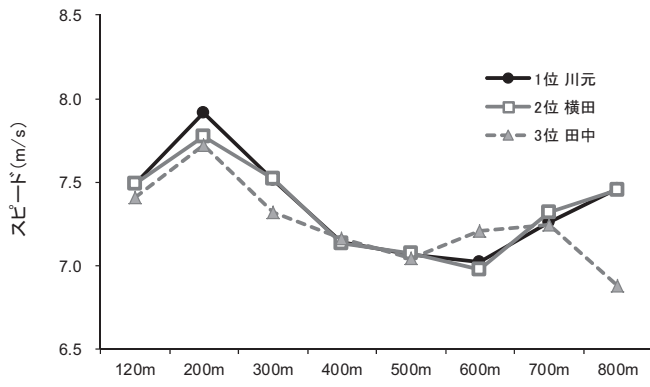


図1 2015年日本選手権決勝における上位3名のスピード、ピッチおよびストライドの変化

図2 2014年および2015年ゴールデングランプリにおける川元奨選手のスピード、ピッチおよびストライドの変化

## 畑瀬聡選手における日本新記録の投てき動作の特徴 —18.78m と 17.91m の比較—

加藤 忠彦<sup>1)</sup> 塚田卓巳<sup>2)</sup> 田内健二<sup>3)</sup>

1) 鹿屋体育大学大学院 2) 日本スポーツ振興センター 3) 中京大学

### 1. はじめに

2014年日本陸上競技選手権において畑瀬聡選手が18.78mの日本新記録を樹立した。男子の砲丸投においては2009年以来、7年ぶりの日本新記録であり、今後さらなる記録の更新が期待される。また、日本における砲丸投の競技水準は世界に比較して劣っており、今後の日本における競技水準を高めるための一助として、畑瀬選手の特徴を明らかにすることは有益になると考えられる。

そこで本投稿では、畑瀬選手の18.78mの投てき動作を、他の試技との比較から明らかにすることを目的とした。

### 2. 方法

#### 2.1 分析試技

分析試技は、日本陸上競技選手権において畑瀬選手が日本新記録を記録した18.78mの試技とした。また、17.91mの試技を比較対象とした。

#### 2.2 撮影方法

投てき試技は、サークルの側方及び後方に設置した2台のデジタルビデオカメラ(HVR-A1J、sony)を用いて、毎秒60コマ、シャッタースピード1/1000sで撮影した。本研究では、投てき方向をy軸、y軸に対して右方向をx軸、鉛直方向をz軸とする

右手系の静止座標系を設定した。また、サークルの中心を原点として、前後方向1.5m、左右方向1.5mの9か所に高さ2.8m、マーク間隔0.4mのキャリブレーションポールを立てた。

#### 2.3 データ分析

ビデオカメラによって撮影された映像を動作解析ソフト(Frame-DIAS V, ディケイエイチ)を用いて、身体分析点23点および砲丸1点を毎秒60コマでデジタル化した。デジタル化した分析点の座標値を三次元DLT法により実長換算し、身体分析点および砲丸の三次元座標値を求めた。算出した三次元座標値は、残差分析法(Winter, 1990)によって決定された最適遮断周波数(3~7Hz)で、バタワースデジタルフィルタにより平滑化した。2台のカメラによって撮影された映像の同期は、砲丸のリリース時点のコマ数を合わせるにより行った。

#### 2.4 分析項目

投てき動作は、砲丸の最下点(Mid)、右足離地(R-off)、右足接地(R-on)、左足接地(L-on)およびリリース(Re1)の各イベントを設定し、MidからR-offをスタート局面、R-offからR-onをグライド局面、R-onからL-onまでを移行局面、L-onからRe1までを突き出し局面とした(図1)。

分析項目として、リリース時の砲丸速度、リリース高、リリース角度、身体重心速度、局面時間、砲

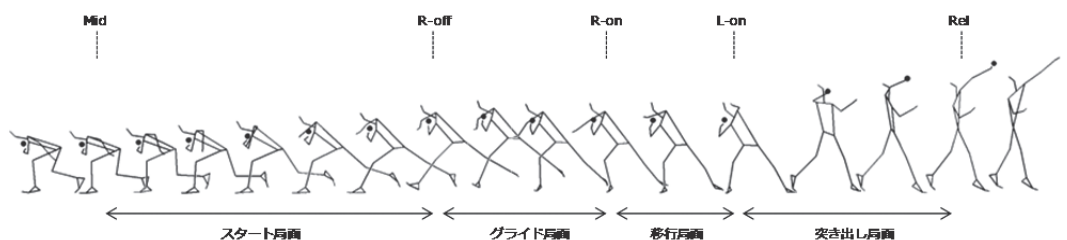


図1 畑瀬選手のスティックピクチャ

丸の移動距離を算出した。また、田内ら（2006）の方法に基づき、砲丸速度に対する身体各部位における動作の貢献の仕方を明らかにした。投動作を下肢—体幹—上肢モデルにモデル化し、以下の式①および②によって算出した。なお、本研究では、投てき方向の速度のみを扱った。

$$V_s = v_{s/t} + v_{t/l} + v_l \quad \dots \text{式①}$$

ここで、 $V_l$  は下肢の動作による砲丸速度（下肢）、 $V_{t/l}$  は体幹の伸展動作による砲丸速度（体幹の起こし）、 $V_{s/t}$  は上肢の動作による砲丸速度を示すことになる。また、 $V_{s/t}$  については、両肩の midpoint から右肩峰までの線分 ( $l_t$ )、 $l_t$  と X 軸とのなす角 ( $\theta_t$ )、右肩峰から砲丸までの線分 ( $l_a$ )、 $l_a$  と  $l_t$  のなす角 ( $\theta_a$ ) を極座標で示した。

$$V_{s/t} = \dot{l}_t \sin \theta_t + \dot{\theta}_t (l_t \cos \theta_t + l_a \cos(\theta_t + \theta_a)) + \dot{l}_a \sin(\theta_t + \theta_a) + \dot{\theta}_a (l_a \cos(\theta_t + \theta_a)) \quad \dots \text{式②}$$

ここで、 $l_t$ 、 $\theta_t$ 、 $l_a$ 、 $\theta_a$  の微分項は、それぞれ体幹の伸縮による砲丸速度（体幹伸縮）、体幹の長軸周りの回転動作による砲丸速度（体幹の長軸回転）、上肢の伸展動作による砲丸速度（上肢伸縮）、上肢

表 1 投てき記録とリリースパラメータ

投てき記録	(m)	18.78	17.91
リリース速度			
左右	(m/s)	-0.6	-1.1
前方	(m/s)	10.0	9.8
上方	(m/s)	7.6	6.9
合成	(m/s)	12.5	12.1
リリース高	(m)	2.1	2.1
リリース角	(°)	37.1	35.1

表 2 動作時間と砲丸の移動距離，および身体重心速度

	局面/ イベント/	スタート局面		グライド局面		移行局面		突き出し局面	
		Mid	R-off	R-on	R-on	L-on	Rel		
動作時間(s)	18.78m		0.233	0.150	0.083	0.250			
	17.91m		0.200	0.133	0.100	0.233			
砲丸の移動距離(m)	18.78m	0.5	0.3	0.2	1.7				
	17.91m	0.5	0.3	0.2	1.6				
身体重心の速度(m/s)	x	18.78m	-0.13	-0.13	0.01	-0.16	0.21		
		17.91m	-0.03	-0.16	-0.04	-0.01	0.17		
	y	18.78m	1.00	2.42	2.13	2.29	0.44		
		17.91m	1.16	2.45	2.15	2.27	0.66		
	z	18.78m	-0.13	0.65	-0.27	0.07	1.21		
		17.91m	0.38	0.62	-0.39	0.11	0.96		

の水平内外転動作による砲丸速度（上肢回転）を示すことになる。なお、体幹伸縮はほぼ 0 であったために、本研究では示さないことにする。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 基礎的パラメータについて

表 1 に、18.78m および 17.91m の試技におけるリリースパラメータを示した。また、動作時間と砲丸の移動距離，および身体重心の速度を表 2 に示した。砲丸のリリース速度は、全ての成分において 18.78m の試技が高かった。リリース高は両試技でほぼ同じであったが、リリース角は 18.78m の試技が大きかった。動作時間はほぼ同値であった。砲丸の移動距離は、突き出し局面において 18.78m の試技が約 10cm 長かった。身体重心の速度は、Rel において、y 成分は 17.91m の試技が高く、z 成分は 18.78m の試技が高かった。

投てき距離は砲丸のリリース速度でほぼ決まる（エッカー，1979）。したがって、リリース速度の増大が畑瀬選手の日本新記録樹立に大きく影響したと考えられる。渋川ら（1968）は、砲丸に大きなエネルギーを与えるためには、まず、全身のエネルギーを高める必要があると指摘している。しかしながら、身体重心の速度は Mid から L-on にかけて、両試技で同等であったことから、L-on の時点で身体が獲得していた運動エネルギーは同等であったといえる。したがって、突き出し局面における動作の差異が、砲丸の加速に影響したと考えられる。したがって、Rel における身体重心の速度や、砲丸の移動速度距離の差異は、砲丸へエネルギーを伝達していく過程の成否が影響したものと考えられる。

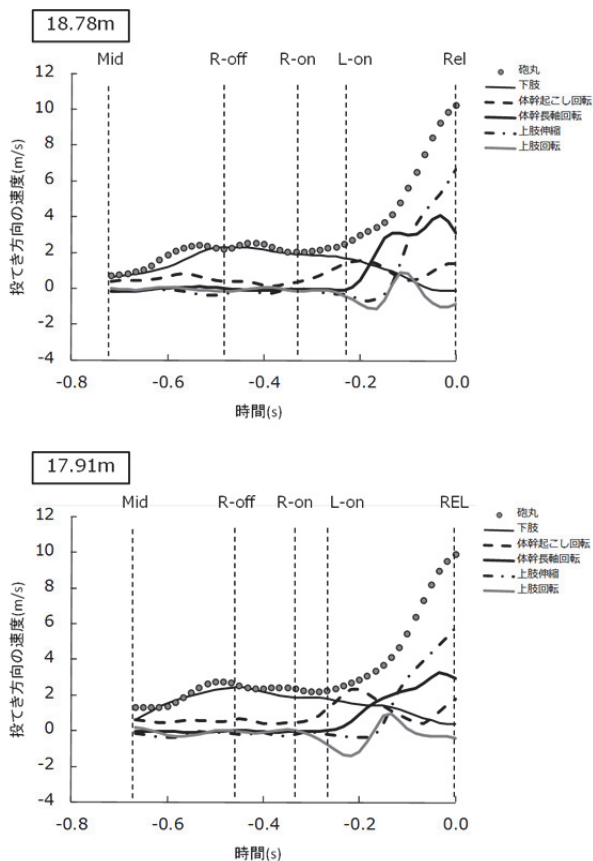


図2 砲丸速度に対する身体各部位の貢献

### 3.2 投てき方向の砲丸速度に対する身体各部位の貢献

図2に、砲丸速度および各動作による砲丸速度を示した。突き出し局面に着目すると、両試技において体幹起こし回転、体幹の長軸回転、上肢回転、上肢伸縮の順に貢献が増大しており、いわゆる運動連鎖が生じていたと示唆される。また、体幹の長軸回転の貢献は18.78mの試技において高値を示していた。上肢伸縮の貢献に大きな差はなかった。田内ら(2006)は、女子競技者における日本国内レベルと世界レベルの競技者の比較において、世界レベルの競技者は上肢による突き出しによる突き出し動作の貢献は日本国内レベル競技者と同等であったが、体幹の長軸回転の貢献が顕著に高いことを報告している。本研究においても、18.78mと17.91mの両試技において上肢の貢献は同等であったことから、畑瀬選手の18.78mの試技においては、体幹の長軸回転の貢献が増大したことにより、砲丸速度の増大に繋がったと考えられる。

### 3.3 体幹の長軸周りの投てき動作

体幹の長軸回転の貢献を高めた動作を検討するため、図3に体幹の捻転角度、体幹の長軸回転角速度、および体幹と砲丸との距離を示した。体幹の捻転角

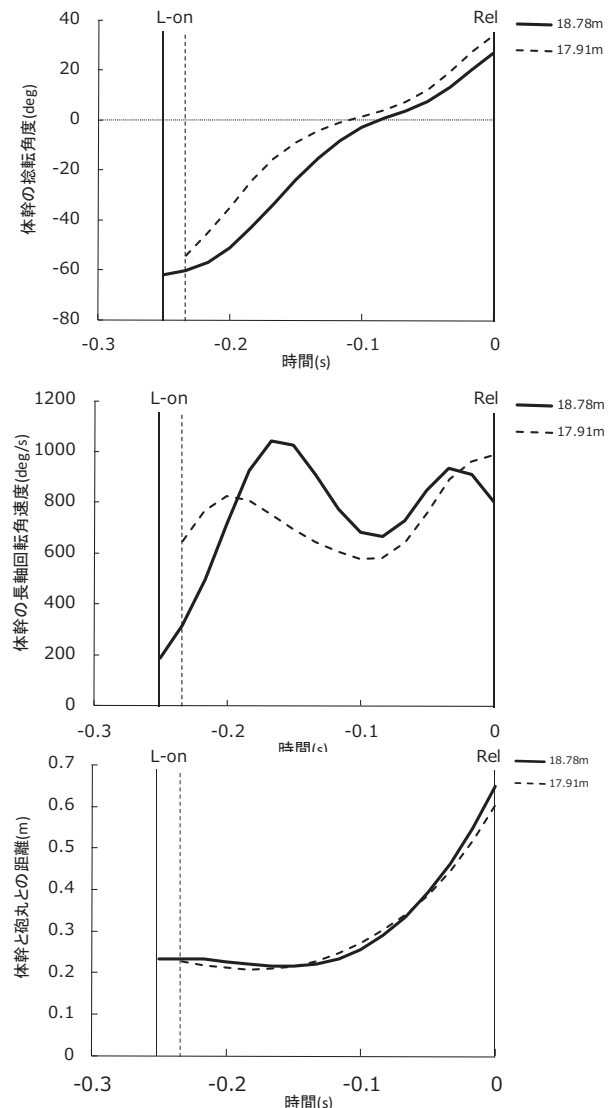


図3 体幹の捻転角度、体幹の長軸回転角速度、体幹と砲丸との距離

度は、L-onからRelにかけて18.78mの試技が負の方向に大きかったが、変化量に差はなかった。体幹の長軸周りの回転角速度は、両試技において前半にピークを迎えた後にいったん減少し、後半に再び増加していた。18.78mの試技においては、前半に急激に増加しており、17.91mの試技に比較して顕著に高かった。後半は両試技間で同等の値であった。体幹と砲丸との距離は、ほぼ同等の値であったが、リリース直前に18.78mの試技において増大し、Relの時点で4cmほど高かった。

体幹の長軸周りの貢献は、体幹の長軸周りの角速度と体幹と砲丸との距離との掛け算である(式②)。田内ら(2006)は、体幹の長軸回転の貢献を高める要因として、体幹と砲丸との距離を遠くすることを指摘している。しかしながら、18.78mの試技と17.91mの試技における体幹と砲丸との距離の差は、わずか4cm程度であることから、体幹の長軸回転の

貢献に大きく影響したとは考えられない。したがって、体幹の長軸回転角速度の増大が、体幹の長軸回転の貢献の増大をもたらしたと考えられる。

#### 4. まとめ

以上のことから、畑瀬選手の 18.78m の投てきにおいては、突き出し局面における体幹の長軸回転角速度の増大により、砲丸速度に対する体幹の長軸回転の貢献を高めることで、グライド局面において獲得したエネルギーを効率よく砲丸へ伝達させ、より高い砲丸のリリース速度につながったものと考えられる。

#### 参考文献

- エッカー (1979) 運動力学による陸上競技種目別最新技術. ベースボール・マガジン社 : 106-113
- 渋川侃二, 吉本修, 植屋清見 (1968) 砲丸投のエネルギー的考察. 東京教育大学体育学部スポーツ研究所報 6 : 63-68
- 田内健二, 村上雅俊, 高松潤二, 阿江通良 (2006) 砲丸投げにおける砲丸速度に対する身体各部位の貢献 - 世界レベル選手と日本レベル選手との比較 -. 陸上競技研究紀要 2 : 65-73
- Winter, D. A. (1990) : Biomechanics and motor control of human movement 2nd.ed.. John Wiley & Sons Inc. : 27-50