

女子跳躍・混成競技者を対象としたパフォーマンス測定プロジェクトに関する報告

犬井亮介<sup>1)</sup> 植松倫理<sup>2)</sup> 柴田篤志<sup>3)</sup> 関子あまね<sup>4)</sup> 山元康平<sup>5)</sup> 熊野陽人<sup>6)</sup>  
伊藤信之<sup>7)</sup> 木越清信<sup>8)</sup>

1) 青山学院大学 2) 筑波大学大学院 3) 新潟医療福祉大学 4) 国立スポーツ科学センター  
5) 福井工業大学 6) 関西福祉大学 7) 横浜国立大学 8) 筑波大学

1. はじめに

我が国の女子跳躍種目は、近年は国際競技会の活躍から遠ざかって久しく、日本陸上競技連盟（以下、日本陸連）の強化方針においても、国際競技会への出場を目指す「ワールドチャレンジ種目」にカテゴリーされており、強化の優先度は相対的に低い（日本陸上競技連盟, 2019）。一方、走幅跳や走高跳の日本記録は、近年のオリンピックおよび世界選手権においても入賞が十分に期待できる記録であり、適切なタレントの発掘と競技者育成によって、優れたパフォーマンスが達成されることが期待できる。女子跳躍種目において高いパフォーマンスを達成するためのモデルとして、競技会における助走スピードの分析が行われており、走幅跳における目標記録を

達成するための助走スピードの目標値の作成が行われている（小山ほか, 2011）。この他に、男子においては、走幅跳のトップレベル競技者の標準動作モデルや（清水ほか, 2011）、その類型化（Shimizu et al., 2018）、フィールドテストを用いた体力の目標値（稲岡ほか, 1993；熊野ほか, 2018）等に関する研究が行われている。一方、女子においては、助走スピード以外のパフォーマンスに関連する要因である技術および体力的要因については、具体的な目標モデルが構築されているとは言い難く、国際レベルへの到達を目指すコーチング実践のための知見は不足しているといえる。

これらの経緯を踏まえ、女子跳躍種目において高いパフォーマンスを達成するための目標モデルの作成とそれをもとにした競技者育成モデルの構築を目

表 1 形態測定および体カテストのパラメーター

専門種目	測定年度 までのPB [m]/[点]	身長 [m]	体重 [kg]	CMJ			両脚リバウンドジャンプ			片脚リバウンドジャンプ		
				跳躍高 [m]	跳躍高 [m]	接地時間 [sec]	跳躍高 [m]	接地時間 [sec]	RJ-index [m/s]	跳躍高 [m]	接地時間 [sec]	RJ-index [m/s]
走高跳	1.83	1.66	53.3	0.45	0.48	0.324	0.38	0.160	2.403	0.27	0.248	1.083
	1.82	1.74	61.6	0.44	0.48	0.428	0.40	0.156	2.532			
	1.81	1.67	54.5	0.41	0.41	0.656	0.43	0.164	2.622	0.26	0.236	1.081
	1.80	1.72	57.5	0.42	0.42	0.540	0.41	0.148	2.784	0.26	0.252	1.028
	1.78	1.72	57.7	0.40	0.42	0.312	0.38	0.152	2.526	0.30	0.224	1.348
	1.76	1.70	63.2	0.42	0.42	0.472	0.39	0.168	2.321	0.22	0.216	1.000
	1.67			0.36	0.43	0.348	0.36	0.176	2.063	0.22	0.240	0.900
走幅跳	1.63	1.72	52.3	0.38	0.36	0.240	0.35	0.152	2.316	0.24	0.208	1.139
	6.65	1.68	50.1	0.50	0.52	0.164	0.51	0.132	3.856	0.36	0.212	1.712
	6.45	1.59	49.9	0.46	0.46	0.420	0.44	0.148	2.980	0.27	0.236	1.157
	6.44	1.57	48.2	0.53	0.57	0.296	0.53	0.152	3.513	0.27	0.236	1.157
	6.44	1.65	54.7	0.52	0.55	0.324	0.50	0.140	3.543	0.30	0.240	1.238
	6.28	1.68	59.1	0.42	0.41	0.396	0.42	0.140	3.029	0.23	0.208	1.101
	6.25	1.58	50.4	0.45	0.44	0.376	0.45	0.148	3.020	0.23	0.220	1.059
三段跳	6.23	1.67	55.0	0.42	0.48	0.380	0.46	0.152	3.020	0.32	0.224	1.433
	6.14	1.56	46.7	0.41	0.41	0.296	0.38	0.140	2.707	0.26	0.216	1.199
	13.65	1.65	53.1	0.50	0.57	0.368	0.47	0.160	2.944	0.30	0.248	1.198
	13.42	1.67	50.5	0.49	0.51	0.376	0.50	0.164	3.024	0.30	0.228	1.303
	13.14	1.69	52.9	0.43	0.45	0.316	0.42	0.172	2.430	0.25	0.224	1.121
	12.91	1.70	59.7	0.43	0.47	0.272	0.43	0.164	2.622	0.26	0.208	1.269
	12.79	1.64	51.5	0.47	0.51	0.292	0.52	0.140	3.679	0.30	0.228	1.325
七種競技	12.70	1.58	49.1	0.48	0.48	0.324	0.47	0.136	3.419	0.29	0.204	1.431
	5907	1.68	61.6	0.37	0.39	0.380	0.39	0.140	2.786	0.21	0.216	0.981
	5633	1.70	58.0	0.42	0.45	0.420	0.37	0.160	2.331	0.22	0.240	0.900
	5471	1.59	55.8	0.39	0.44	0.272	0.38	0.144	2.632	0.26	0.192	1.349
	5364	1.70	61.8	0.51	0.56	0.320	0.51	0.172	2.959	0.31	0.280	1.096
	5327	1.64	60.3	0.41	0.41	0.468	0.36	0.168	2.161	0.21	0.236	0.881
	5289	1.73	56.8	0.44	0.48	0.452	0.45	0.164	2.726	0.26	0.244	1.082
5288	1.71	68.6	0.47	0.48	0.452	0.46	0.152	2.349	0.23	0.268	0.869	
5142	1.64	54.8	0.39	0.42	0.440	0.38	0.180	2.136	0.26	0.268	0.985	

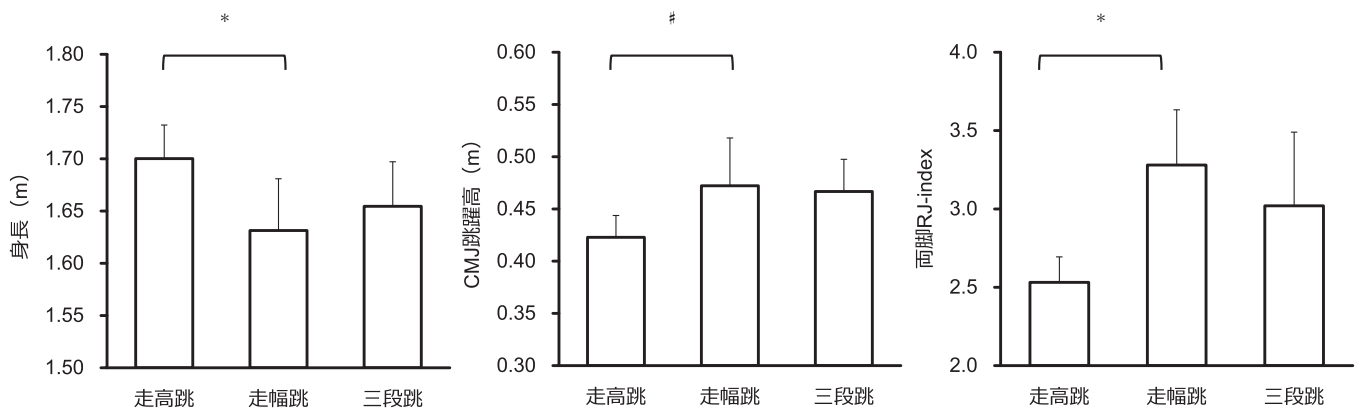


図1 測定項目の群間の比較 \*: $p < 0.05$  #:  $p < 0.10$

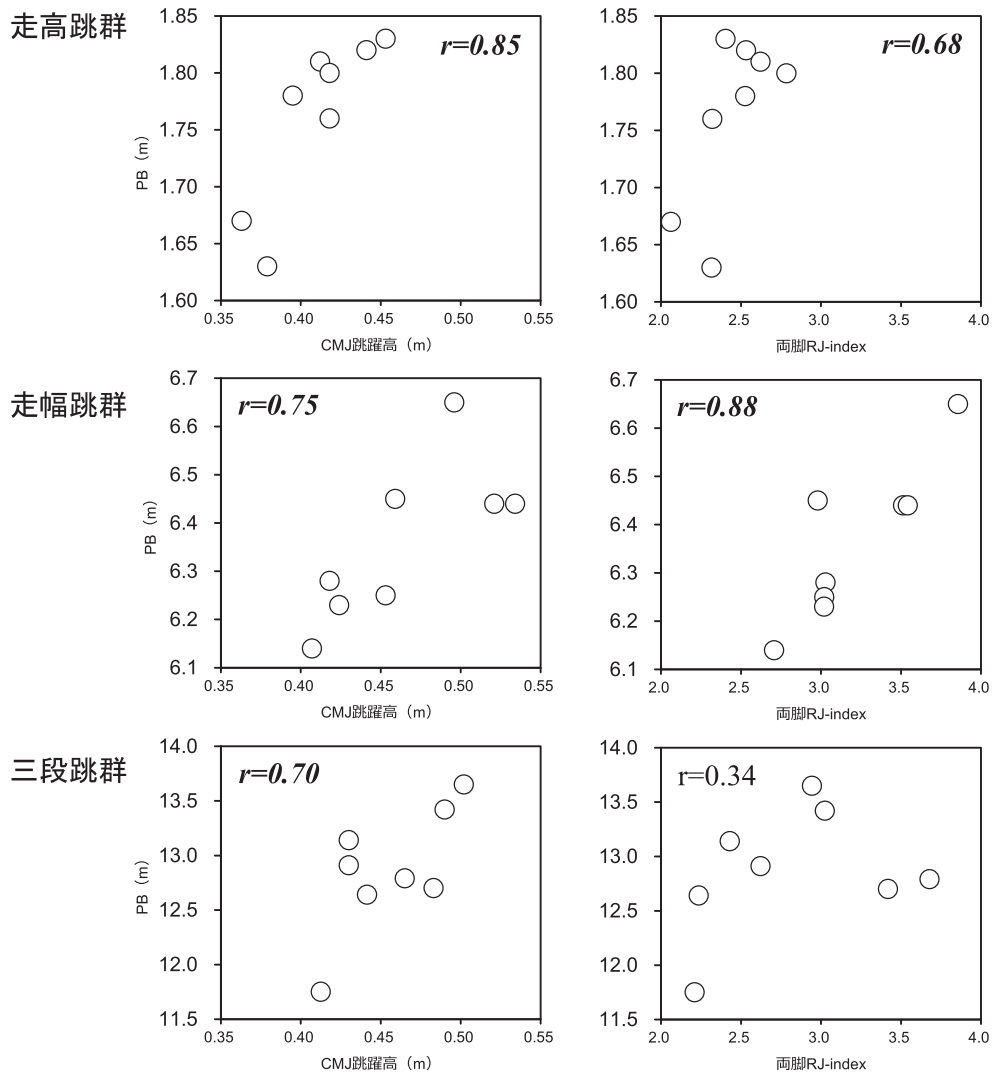


図2 群毎のPBと測定項目との関係

指し、近年、日本陸連女子跳躍ブロックを中心に「女子跳躍測定プロジェクト」(以下、本プロジェクト)が行われている。本稿では、本プロジェクトの概要と今後の展望について報告する。

## 2. プロジェクトの概要とデータの例

本プロジェクトにおける測定は、これまでに2019年7月19-20日(走高跳),9月29日(走幅跳),11月9日(走幅跳,三段跳,七種競技),2020年11月14日(走幅跳,三段跳,七種競技),2021年3月26日(走幅跳,三段跳)の計5回実施され、

延べ69名（指導者16名、競技者53名）が参加した。全種目共通の形態測定、体力テストおよび、種目毎に専門的技術に関わる跳躍動作の測定を行い、データの蓄積と競技者や指導者へのフィードバック、ディスカッションを行っている。以下では、測定データの例を紹介する。

### (1) 形態測定および体力テスト

表1は、形態測定および体力テストのデータ例を示したものである。今後は、測定項目やデータ数を増やし、種目毎に目標記録を達成するための体力レベルの基準値の作成およびそれをもとにした個々人の評価が行えるシステムの構築を試みる。現状では、測定結果から、個々人の体力レベルの評価診断を行うとともに、種目特性の検討（図1）やパフォーマンスに関連する体力要因の究明（図2）、技術特性と体力的要因の関係、体力特性をもとにした技術選択の可能性の検討、データをもとにした競技者や指導者とのディスカッション等を随時行っている。

### (2) 専門的技術に関わる跳躍動作の測定

#### ① 走高跳

種目毎の測定の例として、走高跳では、クリアランスを伴わない助走付き片脚鉛直ジャンプ（1, 3, 5歩助走, RVJテスト）、クリアランスを伴う短助走跳躍（4-6歩）および全助走跳躍における踏切での地面反力の計測および動作分析を行い、助走距離の増加に伴う跳躍高の変化や踏切脚の力発揮能力の特徴について検討した（走高跳または混成競技を専門とする女子競技者10名、日本選手権優勝経験者を含み、自己記録が1.80 m以上の競技者が4名）。図3は、1, 3, 5歩のRVJ、短助走および全助走跳躍における鉛直地面反力を示したものである。また図4は、当該シーズン記録上位者4名について、1, 3, 5歩のRVJ、短助走および全助走跳躍における跳躍高の変化を示したものである。地面反力の全体の傾向は、従来の報告と同様に（深代, 1990；戸邊ほか, 2019）、踏切脚接地直後に大きな第1ピークが生じ、その後一度低下した後に再び地面反力が増加する第2ピークが確認でき、助走距離の増加に伴い、第1ピークが増大するのに対して、第2ピークは5歩助走あたりで頭打ちを示す傾向がみられた。また、助走距離の増加に伴う跳躍高の変化の程度には個人差があり、助走距離が増加しても跳躍高がほとんど増加しない競技者がみられた（競技者HJ-aおよびHJ-c）。これらの競技者は、助走歩数すなわち助走速度の増加に対応した踏切技能が求められると考え

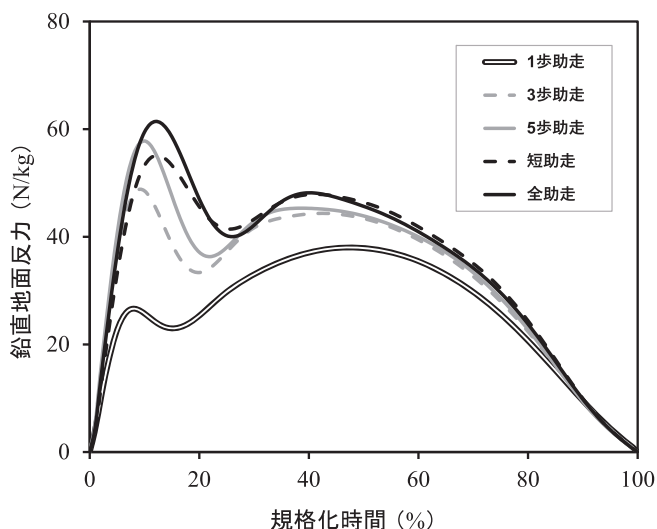


図3 助走距離の増加に伴う鉛直地面反力の変化（対象者の平均値）

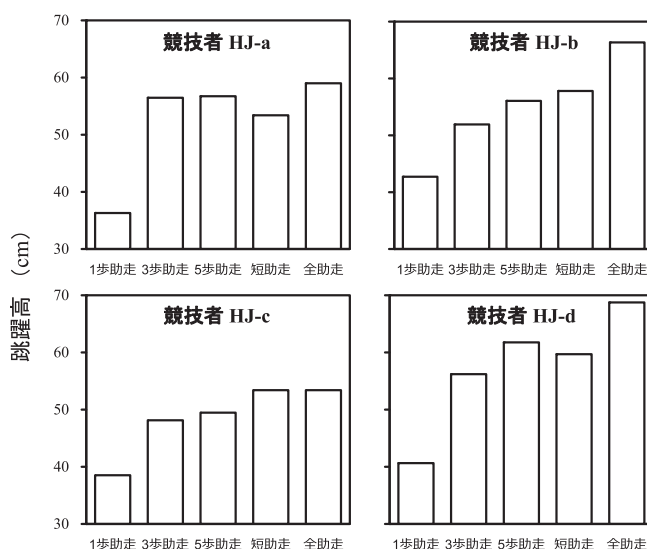


図4 助走距離の増加に伴う跳躍高の変化

られ、こうした多段階式の跳躍テストにおいて、個々人の課題を示す一助になると考えらえる。また図5は、自己記録上位者3名について、全助走跳躍における踏切時の鉛直地面反力を示したものである。比較対象として、自己記録が2.00m程度の男子競技者のデータも示している。地面反力のパターンには個人差があり、第1ピークが大きいタイプ（HJ-a）、踏切後半の地面反力が大きいタイプ（HJ-b）、さらに第1ピーク後の低下が小さいタイプ（HJ-d）等がみられた。比較対象とした2名の男子競技者についても同様に、第1ピークが顕著に大きい競技者（HJ-g）と踏切後半の地面反力が大きい競技者（HJ-h）がみられた。また、踏切脚の膝関節角度の変化および踏切時間は（図6）、このような地面反力のパターンと同様に、踏切時間が短く膝関節の屈曲が小さい

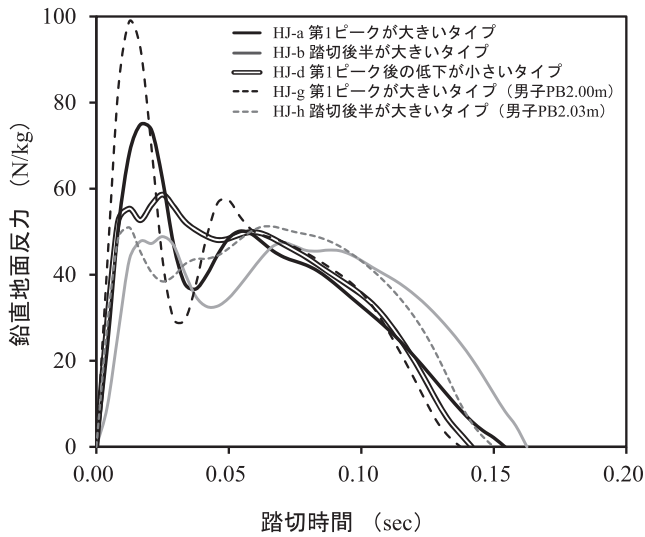


図5 全助走跳躍における踏切時の鉛直地面反力

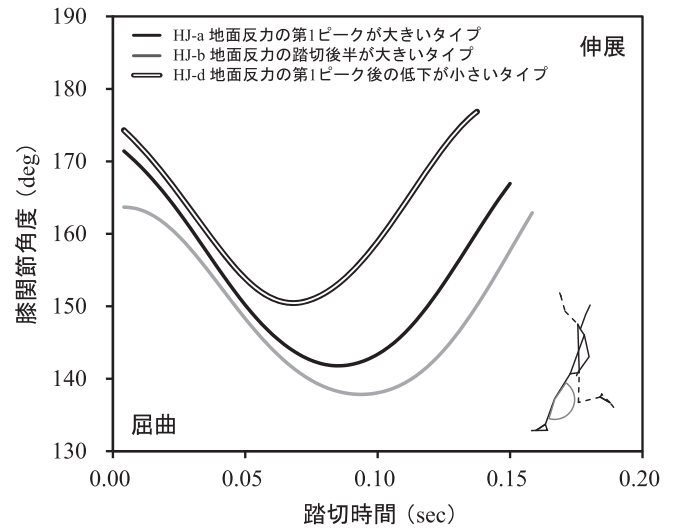


図6 全助走跳躍における踏切脚の膝関節角度の変化

表2 助走の最高スピードおよび重心速度データに関するパラメータ

競技者	測定年度 までのPB [m]	測定年度の SB [m]	実測距離 [m]	SBIに対する 達成率 [%]	助走最高スピード [m/s]	踏切時間 [sec]	重心水平速度			重心鉛直速度			跳び出し 角度 [deg]
							踏切接地 [m/s]	踏切離地 [m/s]	変化量 [m/s]	踏切接地 [m/s]	踏切離地 [m/s]	変化量 [m/s]	
LJ-a	6.65	6.65	6.28	94.4	8.81	0.108	8.27	6.92	-1.35	-0.33	3.00	3.33	23.4
LJ-b	6.44	6.35	6.19	97.5	8.90	0.100	8.53	7.43	-1.10	-0.10	2.83	2.93	20.8
LJ-c	6.44	6.21	5.99	96.5	8.92	0.117	8.71	7.46	-1.25	-0.50	2.96	3.46	21.6
LJ-d	6.15	6.13	5.91	96.4	8.54	0.113	8.23	7.07	-1.17	-0.39	3.13	3.52	23.9
LJ-e	6.23	5.74	5.56	96.9	8.13	0.129	7.84	6.46	-1.38	-0.38	2.90	3.28	24.2
LJ-f	6.14	5.88	5.28	89.8	8.06	0.117	7.43	6.52	-0.91	-0.27	2.62	2.89	21.9
LJ-g	6.11	6.10	5.62	92.1	8.34	0.125	7.98	6.43	-1.55	-0.25	2.76	3.00	23.2
LJ-h	6.01	6.01	5.82	96.8	8.39	0.121	8.32	7.15	-1.17	-0.47	2.99	3.45	22.7
LJ-i	5.95	5.95	5.50	92.4	8.33	0.138	8.28	6.59	-1.70	-0.55	3.02	3.57	24.6
LJ-j	5.72	5.72	5.37	93.9	8.22	0.104	8.04	7.22	-0.82	-0.38	2.41	2.79	18.5
LJ-k	5.73	5.73	5.61	97.9	8.09	0.133	7.82	6.39	-1.43	-0.32	3.19	3.52	26.6
LJ-l	5.66	5.44	5.56	102.2	8.34	0.125	8.42	7.24	-1.17	-0.34	2.86	3.20	21.6
LJ-m	5.45	5.04	5.01	99.4	7.93	0.129	7.47	5.99	-1.48	-0.21	2.86	3.07	25.5
平均値	6.05	5.92	5.67	95.9	8.38	0.120	8.10	6.84	-1.27	-0.35	2.89	3.23	23.0
標準偏差	0.33	0.39	0.35	3.2	0.31	0.011	0.37	0.45	0.24	0.12	0.20	0.26	2.0

タイプや (HJ-d), 踏切時間が長く膝の屈伸が大きいタイプ (HJ-b) 等がみられた. これらの競技者の自己記録はほぼ同等であることを考えると, これらの技術特性はパフォーマンスに関する技術レベルの高低というよりも, 技術の個人差 (タイプ) ととらえることができるかもしれない. 今後, パフォーマンスと技術特性との関係について検討する際には, こうした個人差を考慮するとともに, 個々人の体力や形態的特性に応じた技術選択の提案を行うことを目指す.

## ② 走幅跳

走幅跳では, 短助走, 中助走および全助走試技による跳躍における踏切時の動作および地面反力の測定を行った (走幅跳または混成競技を専門とする女子競技者 13 名. 日本選手権優勝経験者 2 名を含み自己記録が 6.00 m 以上の競技者が 8 名). 測定データの例として, 表 2 は, 各競技者の助走の最高スピードおよび踏切における重心速度に関するパラ

メータ, 図 7 は各競技者の実測距離と地面反力に関するデータとの関係, 図 8 は対象者の踏切における鉛直地面反力の変化と第 2 ピーク (◇) の典型例を示したものである. 実測距離の上位 3 名の助走最高スピードは約 8.8-8.9 m/s と他の競技者と比較して大きく, 多くの先行研究で指摘されているように跳躍距離を決定する最大の要因であったといえる (表 2). また, 実測距離が大きかった競技者は踏切中の鉛直地面反力の第 2 ピークが大きい傾向がみられ (図 7B), 図 8 から実測距離の上位 2 名の競技者 LJ-a, b の第 2 ピーク (図 8 中◇) が競技者 LJ-g と比較して大きいことがわかる. このことから, 踏切接地直後の衝突による第 1 ピーク (図 7A) 後に大きな力を踏切脚で発揮する能力とパフォーマンスが関係している可能性があり, 0.10 - 0.13 秒程度と非常に短い踏切時間の中のさらに限られた時間 (約 0.04 - 0.06 秒) で大きな力を発揮する能力の重要性が示唆される.

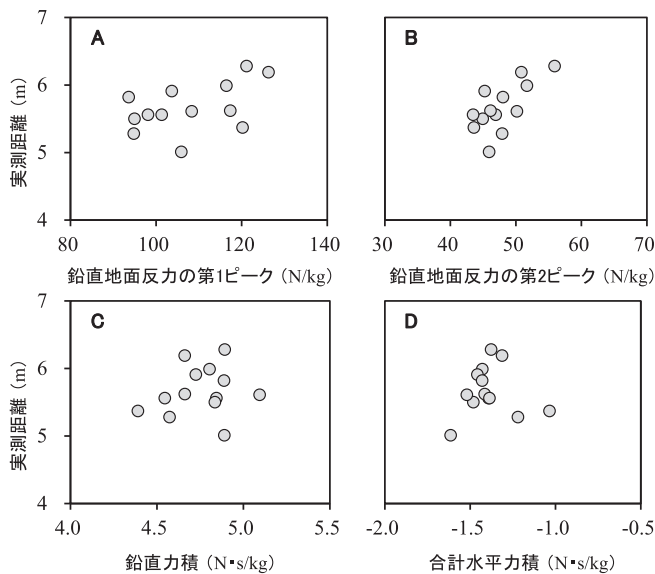


図7 実測距離と地面反力に関するパラメータとの関係

### ③ 三段跳

三段跳では、連続する踏切の遂行能力について評価を試みた。藤林ほか (2013) を参考に、高さ 0.1m の台上から助走を用いて踏み切り地面へと落下する Falling jump (以下, FJ) と、落下直後にもう一方の脚によって踏み切り着地する Propulsive jump (以下, PJ) の連続跳躍試技を行わせ、PJ 踏切時の動作および地面反力の測定を行った (三段跳を専門とする女子競技者 9 名。日本歴代 2 位の競技者を含み自己記録が 13.00m 以上の競技者が 3 名)。なお、本測定では、FJ 距離を 2.5m, 3.0m, 3.5m, 4.0m に設定し、各試技における PJ の踏切を評価した。表 3 は、各競技者の跳躍距離および踏切時間を示した

表 3 各 FJ 距離における跳躍距離および踏切時間の一覧

競技者	測定年度 までのPB [m]	測定年度の SB [m]	2.5 m		3.0 m		3.5 m		4.0 m	
			跳躍距離 [m]	踏切時間 [sec]	跳躍距離 [m]	踏切時間 [sec]	跳躍距離 [m]	踏切時間 [sec]	跳躍距離 [m]	踏切時間 [sec]
TJ-a	13.65	13.65	3.82	0.176	4.02	0.180	4.41	0.172	4.22	0.156
TJ-b	13.42	13.03	3.81	0.172	3.93	0.168	3.87	0.172	4.10	0.176
TJ-c	12.91	12.91	3.72	0.176	3.58	0.184	3.91	0.184		
TJ-d	13.14	12.83	3.75	0.168	3.68	0.184	4.14	0.156		
TJ-e	12.98	12.73	3.83	0.144	3.56	0.160	3.54	0.168	3.81	0.148
TJ-f	12.90	12.73	3.39	0.172	3.45	0.180	3.28	0.180	3.68	0.188
TJ-g	12.70	12.70	3.46	0.164	3.67	0.152	3.02	0.180		
TJ-h	12.79	12.57	3.87	0.172	3.68	0.180	3.68	0.180	3.50	0.192
TJ-i	12.64	12.31	2.45	0.208	3.21	0.192	3.27	0.184		
平均値	13.01	12.83	3.57	0.172	3.64	0.176	3.68	0.175	3.86	0.172
標準偏差	0.32	0.35	0.43	0.016	0.23	0.012	0.42	0.009	0.27	0.017

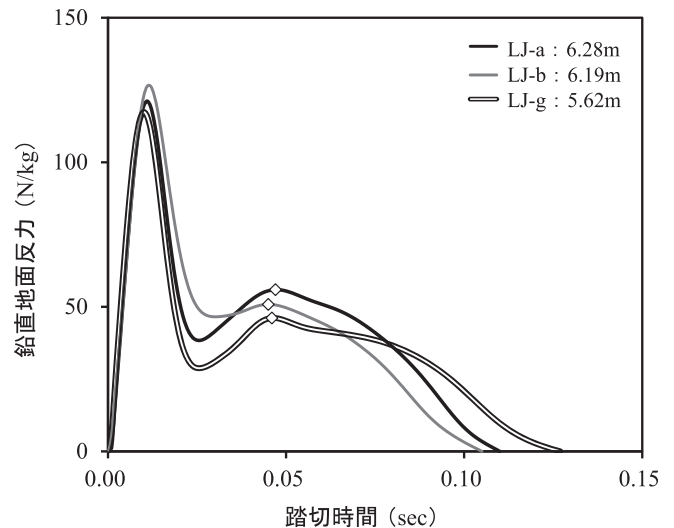


図8 踏切中の鉛直地面反力の変化

ものである。FJ 距離の増大に伴う PJ の跳躍距離の変化には個人差があり、FJ 距離 4.0m では、PJ の踏切を遂行できない競技者が存在した。図 9 は、三段跳の SB に 1m 以上の差がある競技者 TJ-a, h の跳躍距離および踏切時間の変化について全体の平均値とともに示したものである。2 名の競技者は、競技能力に大きな差があるものの、FJ 距離 2.5m では跳躍距離および踏切時間に顕著な差がみられず、FJ 距離の増大に伴い跳躍距離の差が拡大する傾向がみられた。図 10 は、競技者 TJ-a および TJ-h の踏切接地および離地時の身体重心速度の変化を平均値とともに示したものである。競技者 TJ-a は、FJ 距離の増大に対応して接地時の合成速度を高め、離地時においても高い合成速度を獲得していた。また図 11 は、競技者 TJ-a および TJ-h の各試技における踏切中の地面反力の変化を示したものである。FJ 距離

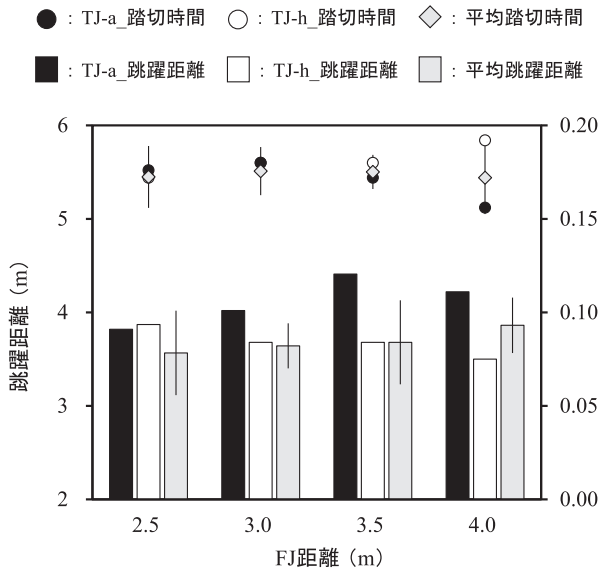


図9 各試技における跳躍距離および踏切時間の変化

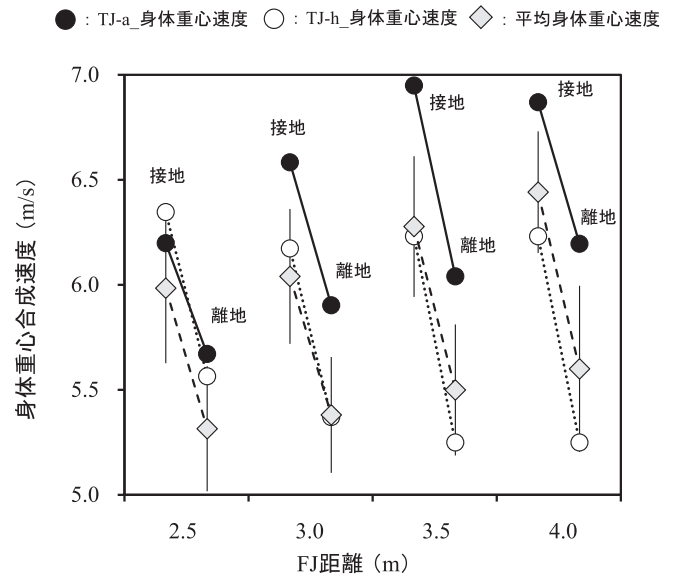


図10 競技者 TJ-a および TJ-h の踏切接地および離地時の身体重心速度の変化

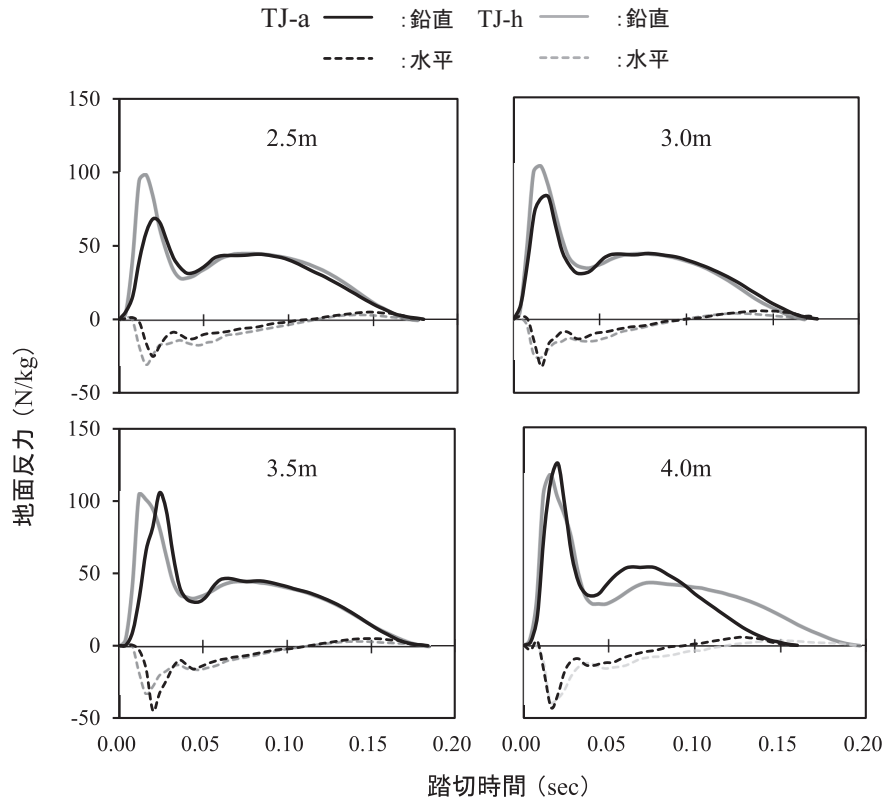


図11 競技者 TJ-a および TJ-h の各試技における踏切中の地面反力の変化

4.0m では、TJ-a は TJ-h に比して第1ピーク後に短時間でより大きな鉛直地面反力を獲得していると同時に、水平地面反力のブレーキ成分が小さく、踏切による減速を抑えている傾向がみられた。このように優れた競技者は、FJ 距離が増大し、接地時の身体重心水平速度が高くなっても、その負荷に応じて短い時間で大きな力を発揮することで跳躍距離を獲得するための踏切を遂行できていたと考えられる。

一方で、対象者の競技力によっては踏切で十分な力を発揮できない FJ 距離が生じるといえる。以上のことから、三段跳競技者に必要な連続した踏切の遂行能力は、FJ 距離を段階的に変化させ、接地時のスピードや負荷が多段階式となる連続跳躍を用いることでより詳細な評価をできる可能性がある。また実践現場では、連続する2回の跳躍距離（今回の FJ と PJ）の両方を評価項目とし、相互的および段

階的に高めることが、三段跳の競技パフォーマンスを向上させるための一助になると考えられる。

### 3. おわりに

以上のように、本プロジェクトでは、日本トップレベル競技者を中心に女子跳躍種目の各種測定を行い、高いパフォーマンスを達成するための技術および体力モデルの構築を試みている。日本トップレベルを含む高い競技レベルのデータ収集、技術の個人差(タイプ)の考慮、世界トップレベルを想定した男子競技者との比較等を通して、トレーニングおよびコーチング実践で利用できる具体的なモデル(目標値、基準値)の構築を目指していく。さらに、プロジェクト内の測定以外にも、世界トップレベル競技者と比較した日本人競技者の年齢に伴う記録発達の特徴の検証(犬井ほか, 2020; 山元ほか, 2019)、走能力や跳躍能力等の目標値や日本人競技者の技術的特徴の検討(犬井ほか, 2019; 柴田ほか, 2019; 杉浦ほか, 2021)等も進めている。本プロジェクトは緒に就いたばかりであり、COVID-19の感染拡大による測定の停滞や、競技者や指導者へのフィードバックやディスカッションの充実等には課題は残るものの、今後も継続したデータの収集と蓄積、トレーニング実践やパフォーマンスの変化とこれら測定項目の変化との関係等の総合的な考察を行うことにより、女子跳躍競技者の育成モデルの構築を試みる。また、目標値や評価基準のモデル作成とともに、測定結果や蓄積したデータを、指導者や競技者が利用できる形で随時報告・公開することにより、実践現場にインスピレーションをもたらす取り組みとしていきたい。さらに、従来のような日本陸連の強化指定選手のみを対象とするのではなく、広く参加者を募ることでデータ数や事例を増やし、女子跳躍種目における根拠に基づくコーチング実践が発展していく礎となれば幸甚である。

### 文献

深代千之(1990) 助走を伴う跳躍の地面反力. 宮下 充正監修 跳ぶ科学. 大修館書店: 東京, pp. 85-89.

藤林献明・荻山靖・木野村嘉則・凶子浩二(2013) 水平片脚跳躍を用いたバリスティックな伸張-短縮サイクル運動の遂行能力と各種跳躍パフォーマンスとの関係. 体育学研究, 58(1): 61-76.

稲岡純史・村木征人・国土将平(1993) コントロー

ルテストからみた跳躍競技の種目特性および競技パフォーマンスとの関係. スポーツ方法学研究, 6(1): 41-48.

犬井亮介・柴田篤志・山元康平・木越清信(2019) 女子走幅跳および三段跳競技者における関連種目記録の目標値作成の試み. 陸上競技研究, 2019(4): 30-39.

犬井亮介・柴田篤志・山元康平・村山凌一・杉浦澄美・福地修也・木越清信(2020) 世界および日本トップレベル男女走高跳競技者の記録発達の特徴. 陸上競技研究, 2020(4): 22-31.

小山宏之・阿江通良・藤井範久・宮下 憲(2011) 競技レベル別に見た走幅跳の助走スピードの定量化-トレーニングで簡便に利用できる指標の提案-. 筑波大学体育科学系紀要, 34: 169-173.

熊野陽人・大沼勇人・相馬 聡・松原 奨・植田恭史(2018) 男子学生走幅跳・三段跳競技者における助走五段跳の跳躍距離の目標値. 陸上競技研究, 115: 32-36.

日本陸上競技連盟(2019) シニア競技者の強化. 競技者育成プログラム. 公益財団法人日本陸上競技連盟: 31-36.

柴田篤志・清水悠・小山宏之(2019) 女子三段跳における助走スピードと各歩の跳躍距離および跳躍比とパフォーマンスとの関係. 体育学研究, 64(2): 573-585.

清水悠・阿江通良・小山宏之・村木有也(2011) 標準動作モデルからみた一流走幅跳選手の踏切準備および踏切動作の特徴. 陸上競技研究, 2011(2): 23-30.

Shimizu, Y., Ae, M., Fujii, N. and Koyama, H(2018) Technique Types of Preparatory and Take-off Motions for Elite Male Long Jumpers. International Journal of Sport and Health Science, 16: 200-210.

杉浦澄美・柴田篤志・小山宏之・尾縣貢・木越清信(2021) 女子走高跳における鉛直速度の獲得に影響をおよぼす踏切局面の技術的要因. 体育学研究, 66: 827-839.

山元康平・柴田篤志・犬井亮介・広瀬健一・前田奎・木越清信・尾縣貢(2019) 世界および日本トップレベル女子水平跳躍競技者の記録発達の特徴. 陸上競技研究, 2019(3): 22-31.

戸邊直人・荻山靖・林陵平・木越清信・尾縣貢(2019) 走高跳の踏切局面における下肢3関節の力・パワー発揮特性. 体育学研究, 64(2): 625-635.