

女子三段跳競技者の日本記録更新に至るまでの助走スピードおよび
各歩の跳躍距離の変化柴田 篤志¹⁾ 荻山 靖²⁾ 清水 悠³⁾ 小山 宏之⁴⁾

- 1) 新潟医療福祉大学健康科学部 2) 山梨学院大学スポーツ科学部 3) 島根大学人間科学部
4) 京都教育大学教育学部

Changes in run-up speed and phase distance of each jump up to the breaking of the national record for female triple jump.

Atsushi, Shibata¹⁾ Yasushi Kariyama²⁾ Yutaka Shimizu³⁾ Hiroyuki Koyama⁴⁾

- 1) Faculty of Health Sciences, Niigata University of Health and Welfare
2) Faculty of Sport Science, Yamanashi Gakuin University.
3) Faculty of Human Science, Shimane University.
4) Faculty of Education, Kyoto University of Education.

Abstracts

The aim of this study was to investigate the longitudinal relationship between performance improvement and changes in run-up speed, jumping distance, and jumping ratio of each phase in a case study of female triple jump athletes who broke the Japanese national record. The subject was one female triple jumper who achieved the Japanese national record in the triple jump (14.16 m) and participated in the World Championships in the year 2023. The run-up speed and jumping distances of each phase were measured using a laser distance measurement device (LAVEG) and a high-speed camera. The subject in this study improved her personal record in the triple jump from 12.91 m to 14.16 m during the research period (2016-2023). The subject improved her triple jump performance by increasing the jumping distance of the hop and step phases from 2017 to 2020 without improving maximum run-up speed. In the years 2021 and 2022, she maintained her maximum run-up speed and decreased her jumping distance of the hop phase. However, her performance was improved by increasing the jumping distance of the jump phase from 2021 to 2022. In the year 2023, her performance was improved by increasing the maximum run-up speed and by maintaining the jumping distance of the jump phase while increasing the jumping distance of the hop and step phases.

I 緒言

2023年度の日本における女子三段跳は、従来の日本記録である14.04 mを24年ぶりに更新する14.16 mが記録され、世界選手権に2名の競技者が出場を果たすなど国内における競技レベルの向上が顕著であった。近年の日本における女子三段跳の競技レベルについて、柴田ほか(2019)は2019年の時点で20年以上日本記録が更新されていないことや、日本歴代2位の記録が13.52 m(2016年)と日本記録から大きく離れていることから、世界と比較

して競技レベルが停滞している種目であると指摘している。一方で、2017年度から全国高等学校総合体育大会(インターハイ)において女子三段跳が正式種目として採用されたことで、国内における競技会数の増加などの影響で高校生世代における競技力が向上したことも報告されている(岡部ほか, 2020)。さらに、山元ほか(2020)はワールドアスレックス(世界陸連)が世界選手権やオリンピック競技大会の参加資格として導入したWorld rankingに着目し、女子三段跳では14.02 ± 0.17 mが世界大会への出場権獲得の目安になることを明ら

表1 分析対象競技会

| 大会名 | 会場 | 日時 |
|---------------------------|-----------------|------------|
| 日本選抜陸上和歌山大会 | 紀三井寺公園陸上競技場 | 2016/05/01 |
| 第100回日本陸上競技選手権大会 | パロマ瑞穂スタジアム | 2016/06/25 |
| 第33回静岡国際陸上競技大会 | エコパスタジアム | 2017/05/03 |
| 第101回日本陸上競技選手権大会 | ヤンマースタジアム長居 | 2017/06/24 |
| 第72回国民体育大会 | ニンジニアスタジアム | 2017/10/08 |
| 第34回静岡国際陸上競技大会 | エコパスタジアム | 2018/05/03 |
| 第102回日本陸上競技選手権大会 | 維新みらいふスタジアム | 2018/06/23 |
| 第5回日中韓3カ国交流陸上競技大会 | 厚別公園陸上競技場 | 2018/07/08 |
| 第35回静岡国際陸上競技大会 | エコパスタジアム | 2019/05/03 |
| 第103回日本陸上競技選手権大会 | 博多の森陸上競技場 | 2019/06/30 |
| 第104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 | 2020/10/02 |
| 第36回静岡国際陸上競技大会 | エコパスタジアム | 2021/05/03 |
| READY STEADY TOKYO - 陸上競技 | 国立競技場 | 2021/05/09 |
| 第105回日本陸上競技選手権大会 | ヤンマースタジアム長居 | 2021/06/26 |
| 第106回日本陸上競技選手権大会 | ヤンマースタジアム長居 | 2022/06/11 |
| 布勢スプリント2022 | ヤマタスポーツパーク陸上競技場 | 2022/06/25 |
| 第57回織田幹雄記念国際陸上競技大会 | 広島広域公園陸上競技場 | 2023/04/29 |
| 第10回木南道孝記念陸上競技大会 | ヤンマースタジアム長居 | 2023/05/06 |
| 第107回日本陸上競技選手権大会 | ヤンマースタジアム長居 | 2023/06/03 |

かにしている。すなわち、今後も 14.16 m という日本記録に近いパフォーマンスを発揮することができれば、日本における女子三段跳競技者は継続的に世界大会への出場が可能であると考えられる。

三段跳は助走からの連続したホップ、ステップ、ジャンプそれぞれの跳躍の合計距離を競う種目である。女子の三段跳競技者を対象とした研究は多くはないものの、柴田ほか (2019) は日本の女子三段跳競技者が 14 m 以上の記録を目指すために必要な各歩の跳躍距離や助走の最高スピードの目標値を提案している。さらに、国内の女子三段跳競技者を対象とした研究では、助走スピードについての報告が多く行われている (小山ほか, 2006; 小山ほか, 2007)。これらの報告から日本国内における女子三段跳競技者がパフォーマンス向上を目指すための具体的な指標は提示されているものの、実際にパフォーマンスが向上した際の各変数の変化について検討した研究はみられない。

さらに、日本における女子三段跳競技者の競技発達の特徴について、山元ほか (2019) は世界の一流競技者と比較した際にシニア期において十分にパフォーマンスを向上させることができていることを指摘している。この原因についてジュニア期における過剰なトレーニングや競技会の過多、シニア期以降におけるより高度なパフォーマンスを達成する

ための技術や体力モデルと、それを実現するためのコーチングおよびトレーニングの手段の整備をあげている。また、柴田ほか (2019) も縦断的なパフォーマンスの変化と技術的特性や体力的特性の変化を検討する必要があると述べている。しかしながら、シニア期において競技力を大きく向上させた女子跳躍競技者を対象とした縦断的研究は少ないのが現状である。そのため、女子三段跳において日本記録を更新した競技者の助走の最高スピードや各歩の跳躍距離の変化について事例的に示すことは、今後の国内におけるシニア競技者のさらなる競技力向上のための貴重な資料となると考えられる。

そこで、本研究では日本記録を更新した女子三段跳競技者を対象として、2016年度から日本記録を更新した2023年度までのパフォーマンスの向上と助走スピードおよび各歩の跳躍距離と跳躍比の縦断的变化との関係について事例的に検討することを目的とした。

II 方法

1. 対象者および分析試技

本研究の対象者は、日本記録保持者である女子三段跳競技者1名であった。分析試技は対象者が2016年から2023年にかけて出場した競技会のうち、

日本陸上競技連盟科学委員会が活動を実施した競技会における試技とした(表1)。また、対象者の各年度におけるシーズン最高記録(Season best; SB)を基準として、SBに対する達成率が95%以下の試技および無効試技については分析対象から除外した。なお、追い風参考記録は分析試技に含むため、SBに対する達成率が100%を上回っている試技がある。

2. データ収集

対象者の全ての分析試技を柴田ほか(2019)と同様の方法で助走路側方のスタンド上段に設置した1台のハイスピードカメラ(Panasonic社製, LUMIX FZ-300)を用いて三段跳の踏切板から砂場の助走路側の端を画角として120 fpsで固定撮影した。また、全ての試技で助走路前方スタンドに設置したレーザー式速度測定装置(JENOPTIK社製, LDM301)を用いて対象者の助走開始から着地までの位置情報を100 Hzで収集した。なお、これらのデータ収集は日本陸上競技連盟科学委員会の活動として行われたものであり、全ての競技会において事前に競技会主催者に撮影許可を得た上でデータ収集を行った。

3. データ処理および算出項目

分析試技のホップ、ステップおよびジャンプの各歩における接地時の支持脚つま先をビデオ動作分析システム(Q'sfix社製, Frame-DIAS V; フォーアシスト社製, G-Dig)を用いてデジタル化した。さらに、各競技会の前に撮影した実空間座標値が既知の4点のコントロールポイント(踏切板のフェールライン両端2点および砂場と助走路の交点2点)を用いて、2次元DLT法により各歩の接地時のつま先の2次元座標値を得た(柴田ほか, 2019)。なお、2次元座標は踏切板のフェールライン左先端を原点とし、進行方向右向きをx軸方向、進行方向をy軸方向とした。また、レーザー式速度測定装置によって得られた各分析試技における対象者の位置情報はButterworth low-pass digital filterを用いて0.5Hzで平滑化し(小山ほか, 2012; Muraki et al., 2009)、平滑化後の位置情報を時間微分することによって助走速度を算出した。

以上のデータから、柴田ほか(2019)を参考に下記の項目を算出した。

(1) 踏切損失距離

フェールラインからホップにおける支持脚つま先までのy軸方向の距離を踏切損失距離とした。

(2) 実測距離

公式記録に踏切損失距離を加算した距離を実測距離とした。

(3) 各歩(ホップ・ステップ・ジャンプ)の跳躍距離

ホップおよびステップの跳躍距離は各跳躍における支持脚つま先間のy軸方向の距離とし、ジャンプ距離は実測距離からホップおよびステップの跳躍距離を減算した距離とした。

(4) ホップステップ距離

ホップステップ距離はホップにおける支持脚つま先からジャンプにおける支持脚つま先間のy軸方向の距離とした。

(5) 各歩の跳躍比

実測距離に対する各歩の跳躍距離の割合を各歩の跳躍比とした。

(6) ホップステップ比

ホップの跳躍距離に対するステップの跳躍距離の割合をホップステップ比とした。

(7) 助走最高速度

助走最高速度は助走開始からホップの踏切接地までの間における最高速度とした。

III 結果

表2は対象者の2016年から2023年までのシーズン最高記録および分析試技のシーズン最高記録に対する達成率、公式記録、実測距離および助走最高速度とその出現地点を平均値で示したものである。また、日本記録を更新した試技(14.16 m)については上記の値を個別に示した。分析試技の各年度における実測距離の平均値は2016年度が 12.59 ± 0.13 mであったのに対し、2023年度の平均値は 13.86 ± 0.16 mと約1.3 mの増大がみられた。助走の最高速度は、2022年度まではおよそ $8.5 - 8.6$ m/sであったが、2023年度の平均値は 8.81 ± 0.08 m/sと前年度までと比較して高い傾向がみられ、日本記録を更新した試技では 8.89 m/sであった。また、図1には各年度における分析試技の実測距離と助走最高速度との関係を示しており、実測距離の大きい分析試技において助走最高速度が大きい傾向がみられた。

表3は対象者の2016年から2023年までの分析試技における各歩の跳躍距離を示したものである。また、表2と同様に日本記録を更新した試技(14.16 m)については上記の値を個別に示した。ホップ距離は2020年度および2023年度の平均値が5.0 mを

表 2 分析試技の公式記録, シーズン最高記録に対する達成率, 実測距離および助走の最高スピード

| 年度 | 分析試技数 | SB (m) | 公式記録 (m) | %SB (%) | 踏切損失距離 (m) | 実測距離 (m) | 助走最高スピード (m/s) | 出現地点 (m) |
|------|-------|--------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------|
| 2016 | 6 | 12.91 | 12.51±0.11 (12.70-12.22) | 96.9±0.9 (98.4-95.8) | 0.09±0.06 (0.17-0.00) | 12.59±0.13 (12.77-12.36) | 8.38±0.03 (8.43-8.32) | 6.1±0.6 (6.9-5.5) |
| 2017 | 9 | 12.81 | 12.57±0.17 (12.78-12.28) | 98.1±1.4 (99.8-95.9) | 0.13±0.05 (0.25-0.06) | 12.70±0.15 (12.92-12.43) | 8.56±0.10 (8.70-8.39) | 5.3±0.5 (6.1-4.4) |
| 2018 | 13 | 13.07 | 12.91±0.16 (13.17-12.55) | 98.8±1.2 (100.8-96.0) | 0.07±0.06 (0.17-0.00) | 12.98±0.15 (13.19-12.66) | 8.58±0.04 (8.66-8.53) | 4.8±0.5 (5.5-3.9) |
| 2019 | 4 | 13.26 | 13.08±0.14 (13.26-12.88) | 98.6±1.0 (100.0-97.1) | 0.06±0.04 (0.11-0.02) | 13.14±0.14 (13.29-12.90) | 8.62±0.06 (8.71-8.56) | 4.4±0.4 (4.9-3.9) |
| 2020 | 2 | 13.27 | 13.03±0.12 (13.14-12.91) | 98.2±0.9 (99.0-97.3) | 0.12±0.06 (0.18-0.06) | 13.15±0.06 (13.20-13.09) | 8.47±0.10 (8.57-8.37) | 4.3±0.5 (4.8-3.9) |
| 2021 | 11 | 13.37 | 13.11±0.17 (13.37-12.90) | 98.1±1.2 (100.0-96.5) | 0.13±0.06 (0.23-0.02) | 13.24±0.15 (13.51-13.06) | 8.50±0.08 (8.64-8.36) | 4.2±0.9 (6.3-3.1) |
| 2022 | 5 | 13.84 | 13.41±0.12 (13.50-13.20) | 96.9±0.9 (98.1-95.4) | 0.14±0.10 (0.31-0.03) | 13.55±0.18 (13.72-13.23) | 8.66±0.04 (8.69-8.58) | 4.3±0.5 (4.9-3.3) |
| 2023 | 9 | 14.16 | 13.76±0.17 (14.16-13.49) | 97.1±1.2 (100.0-95.3) | 0.10±0.10 (0.35-0.02) | 13.86±0.16 (14.22-13.63) | 8.81±0.08 (8.92-8.69) | 5.0±0.8 (6.5-4.3) |
| PB試技 | | | 14.16 | | 0.06 | 14.22 | 8.89 | 4.3 |

超えており, 2016 年度から 2023 年度にかけて約 0.5 m 近く増大していた. ステップ距離の平均値も 2020 年度および 2023 年度が他の年度と比較して大きい傾向がみられた. ジャンプ距離の平均値は 2020 年度が最も小さく, 2022 年度および 2023 年度の平均値は 4.9 m 以上であり, 他の年度と比較して大きかった. ホップステップ距離は 2020 年度および 2023 年度の平均値が 8.9 m を超えており, 2016 年度から 2023 年度にかけて約 1.0 m 近く増大していた. また, 図 2 は各年度における分析試技の実測距離と各歩の跳躍距離およびホップステップ距離との関係を示したものであり, 実測距離が大きい分析試技において各歩の跳躍距離も大きい傾向がみられた.

表 4 は対象者の 2016 年から 2023 年までの分析試技における各歩の跳躍比とホップステップ比を平均値で示したものである. 各年度における実測距離に対するホップ距離の割合は 35 - 38 %, ステップ距離の割合は 27 - 30 %, ジャンプ距離の割合は 32 - 37 % であった. また, 日本記録を更新した試技における各歩の跳躍比は, ホップ 36.6 %, ステップ 27.6 %, ジャンプ 35.9 % であり, ホップとジャンプの跳躍比に大きな差はみられなかった. ホップ距離に対するステップ距離の割合であるホップステップ比は, 2016 年度以降に徐々に大きくなる

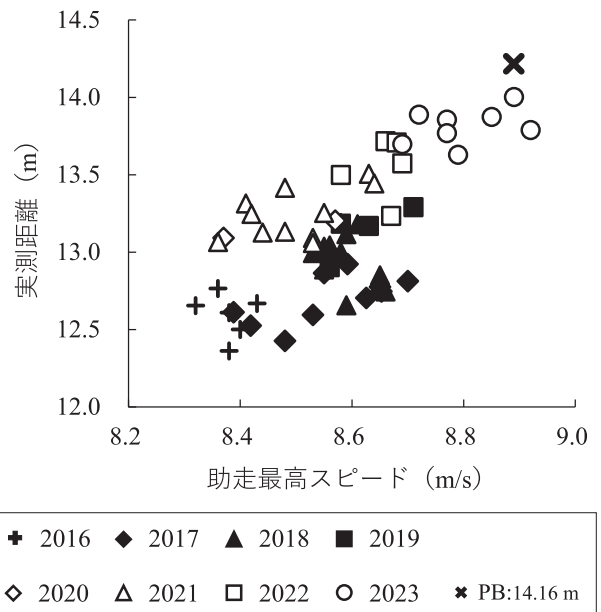


図 1 分析試技における実測距離と助走の最高スピードとの関係

傾向がみられ, 2021 年度および 2022 年度では 79 % 近い値であったが, 2023 年度の平均値は 76.4 ± 1.8 % であり, 日本記録を更新した試技では 75.4 % と低下していた. 図 3 は各年度における分析試技の実測距離と各歩の跳躍比およびホップステップ比との関係を示したものである. 実測距離と各歩の跳躍比およびホップステップ比に対する実測距離に

表3 分析試技における各歩の跳躍距離

| 年度 | 各歩の跳躍距離 (m) | | | |
|------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | ホップ | ステップ | ジャンプ | ホップーステップ |
| 2016 | 4.51±0.10 (4.66-4.36) | 3.45±0.22 (3.81-3.16) | 4.55±0.16 (4.74-4.25) | 7.96±0.20 (8.24-7.63) |
| 2017 | 4.70±0.14 (4.93-4.51) | 3.43±0.16 (3.79-3.23) | 4.57±0.14 (4.71-4.19) | 8.13±0.13 (8.30-7.90) |
| 2018 | 4.87±0.12 (5.05-4.67) | 3.63±0.13 (3.81-3.29) | 4.48±0.17 (4.74-4.21) | 8.50±0.15 (8.65-8.06) |
| 2019 | 4.81±0.10 (4.97-4.69) | 3.75±0.09 (3.88-3.65) | 4.58±0.05 (4.64-4.53) | 8.55±0.11 (8.65-8.37) |
| 2020 | 5.02±0.00 (5.02-5.02) | 3.89±0.12 (4.02-3.77) | 4.23±0.18 (4.41-4.06) | 8.91±0.12 (9.03-8.79) |
| 2021 | 4.79±0.11 (4.99-4.61) | 3.79±0.11 (4.00-3.70) | 4.66±0.21 (4.99-4.23) | 8.58±0.15 (8.83-8.34) |
| 2022 | 4.80±0.10 (4.98-4.70) | 3.79±0.16 (4.00-3.60) | 4.96±0.10 (5.14-4.84) | 8.59±0.14 (8.75-8.37) |
| 2023 | 5.05±0.08 (5.20-4.94) | 3.86±0.09 (4.07-3.72) | 4.94±0.13 (5.11-4.71) | 8.92±0.14 (9.16-8.68) |
| PB試技 | 5.20 | 3.92 | 5.10 | 9.11 |

表4 分析試技における各歩の跳躍比

| 年度 | 各歩の跳躍比 (%) | | | ホップーステップ比 (%) |
|------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | ホップ | ステップ | ジャンプ | |
| 2016 | 36.1±0.8 (37.5-35.2) | 27.6±1.7 (30.5-25.4) | 36.4±1.3 (38.3-35.7) | 76.5±5.8 (86.2-67.7) |
| 2017 | 37.0±1.0 (38.5-34.9) | 27.0±1.2 (29.3-25.7) | 36.0±0.9 (37.3-33.7) | 73.0±5.0 (84.0-66.8) |
| 2018 | 37.5±1.1 (39.3-35.4) | 27.9±0.8 (29.3-26.0) | 34.5±1.1 (36.3-33.0) | 74.5±3.6 (80.6-69.0) |
| 2019 | 36.6±0.7 (37.7-35.9) | 28.5±0.5 (29.2-27.7) | 34.9±0.2 (35.1-34.5) | 78.0±2.8 (81.4-73.5) |
| 2020 | 38.2±0.1 (38.3-38.1) | 29.6±1.1 (30.7-28.5) | 32.2±1.2 (33.4-31.0) | 77.5±2.5 (80.1-75.0) |
| 2021 | 36.2±0.7 (37.6-35.1) | 28.6±1.0 (30.6-27.5) | 35.2±1.3 (37.1-32.4) | 79.1±2.9 (83.5-75.1) |
| 2022 | 35.4±0.5 (36.3-34.9) | 28.0±1.1 (29.5-26.2) | 36.6±0.6 (37.5-35.7) | 79.0±4.4 (84.6-72.3) |
| 2023 | 36.5±0.3 (36.8-36.0) | 27.9±0.7 (29.3-27.0) | 35.7±0.8 (37.0-34.0) | 76.4±1.8 (80.0-74.3) |
| PB試技 | 36.6 | 27.6 | 35.9 | 75.4 |

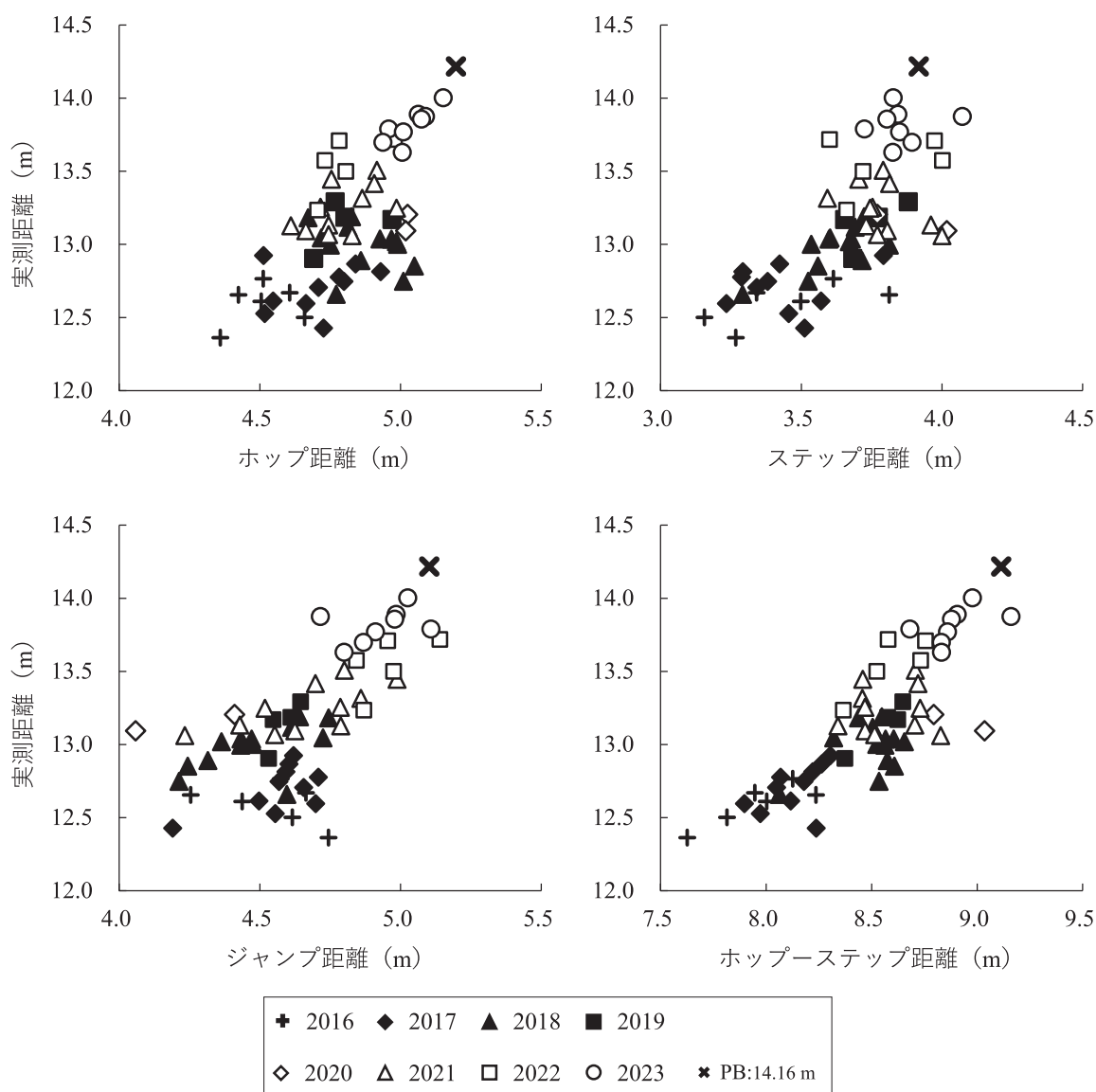


図2 分析試技における実測距離と各歩の跳躍距離との関係

関係性はみられなかったが、日本記録を更新した2023年度はホップにおける跳躍比のばらつきが小さい傾向がみられた。

IV 考察

本研究の目的は、日本記録を更新した女子三段跳競技者を対象として日本記録更新までのパフォーマンスの向上と助走スピードおよび各歩の跳躍距離と跳躍比の縦断的变化との関係について事例的に検討することであった。対象者は2016年度からのシーズン最高記録を12.91 mから14.16 mまで約1.3 mも更新しており、シニア期において競技力を大きく向上させた女子三段跳競技者の貴重な事例になると考えられる。また、2023年度的女子三段跳の日本ランキングをみるとランキング10位の記録が12.85 mであることから、本研究で得られる結果は

13m前後の競技力を有する日本の女子三段跳競技者がさらなるパフォーマンス向上を目指す際の知見となる可能性がある。なお、2020年度における分析対象試技は新型コロナウイルス感染症の流行による活動制限などの影響により1つの競技会の計2試技のデータである。そのため、対象者の2020年度シーズンを通じての特徴について、その全てを反映することができていない可能性があることには留意する必要があると考えられる。

対象者の助走最高スピードは、2016年度の平均値が8.38 m/sと他の年度と比較して小さかったものの、2017年度から2022年度の平均値に大きな差はみられなかった。また、各年度の助走最高スピードの最大値をみると2017年度は8.70 m/s、2022年度は8.69 m/sであったことから(表2)、2017年度から2022年度にかけてはスプリント能力の大幅な向上はなかったと推察される。しかしながら、この

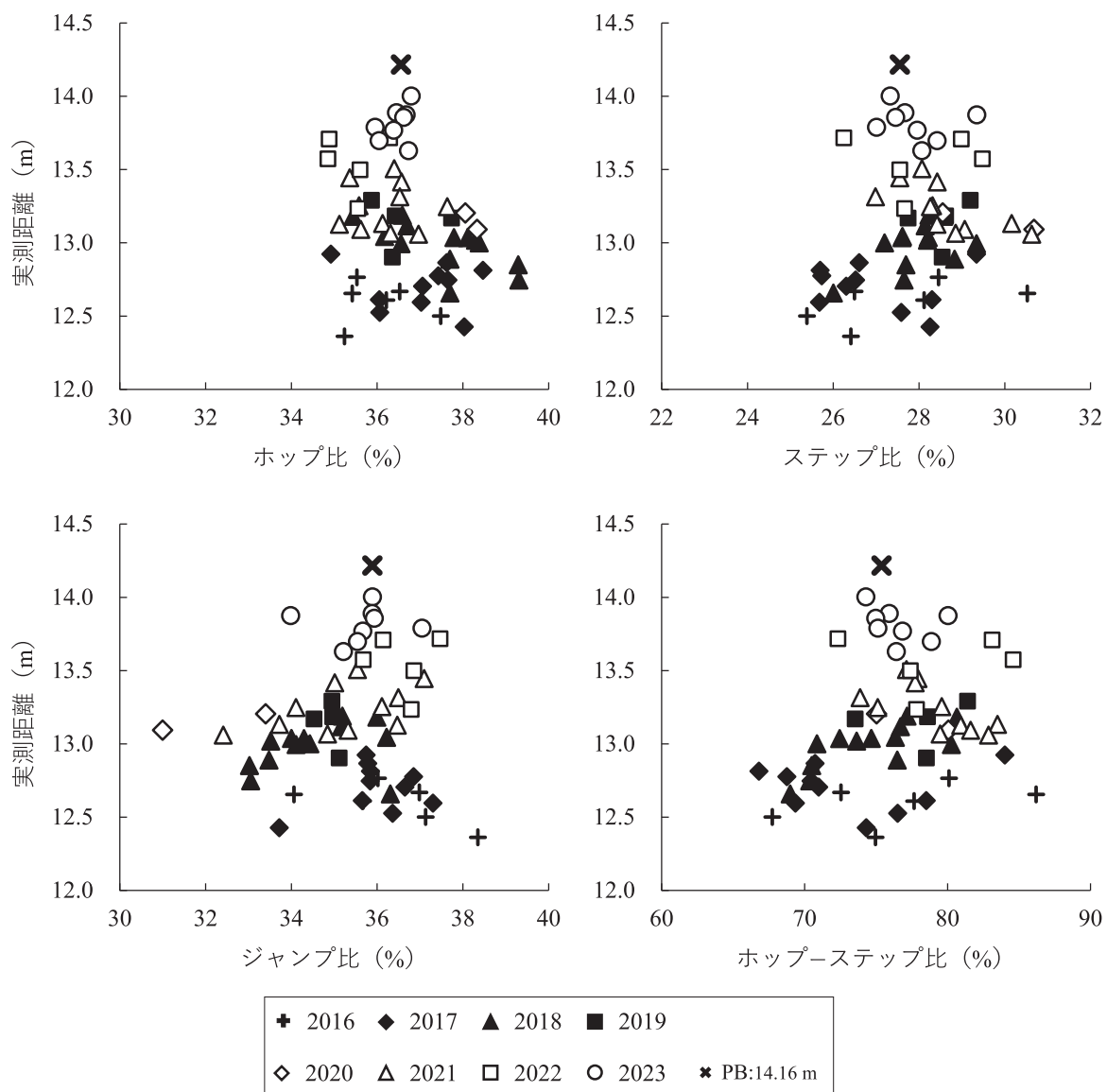


図3 分析試技における実測距離と各歩の跳躍比との関係

期間においても自己記録を1.0 m近く更新しており、分析試技の平均値をみても2017年度と比較して2022年度は約0.8 m大きい。すなわち、2022年度までの期間では助走スピードの増大以外の要因によってパフォーマンスが向上していたことが示唆される。三段跳では走幅跳とは異なり一度の試技の中に三回の踏切局面が存在するため、各歩における技術的な要因がパフォーマンスに影響をおよぼす可能性が指摘されている。そのため、各歩の踏切局面で水平速度の維持と鉛直速度の獲得をどのように遂行するかについては、競技者ごとに差があることが指摘されている (Koh and Hay, 1990; Miller and Hay, 1986)。このことから、2022年度までのパフォーマンス向上については、各歩における跳躍距離獲得の戦略を検討することで、その特徴を明らかにすることができる可能性がある。一方で、2017年度以降は安定して8.5 m/s前後の助走最高スピードが出

ていることから、13 m以上の記録を目指す女子競技者にとっては8.5 m/s前後のスピードを獲得できるスプリント能力を有することは重要な課題になると考えられる。

日本記録を更新した2023年度では、分析試技の助走最高スピードの平均値は8.81 m/sであり、2022年度までと比較して0.2 m/s近く増大しており、全ての分析試技の中での最大値は8.91 m/sまで増大していた。柴田ほか (2019) は14 m台の記録を持つ女子三段跳競技者の助走最高スピードの平均値が 9.02 ± 0.22 m/sであること、14 mを目指すための助走最高スピードの目標値が8.94 m/s程度になることを明らかにしている。このような、先行研究の目標値に近い数値が本研究においても示されていることから、助走最高スピードの目標値は女子三段跳競技者がパフォーマンス向上を目指す際の有用な指標の一つになるといえる。

各歩の跳躍距離について、ホップ距離は2016年度から2020年度にかけて増大し、2021年度および2022年度でやや低下した後に2023年度で5.0 mを超え、日本記録を更新した試技ではホップ距離が5.20 mと最も大きい値を示していた。先述したように、助走最高スピードが2017年度から2022年度にかけて大きく向上していなかったことから、2017年度から2020年度にかけては、同程度の助走スピードに対してより大きなホップ距離の獲得を目指す戦略をとっていた可能性がある。あわせて、2020年度にかけてはホップ距離を増大させながら、ステップ距離も増大していく傾向がみられた。その結果としてホップとステップの合計距離であるホップステップ距離は2020年度の時点で9.0 m近くまで増大していた。柴田ほか(2019)の報告によると、女子三段跳における14 mに対するホップステップ距離の目標値は9.12 mであるため、ステップまでの獲得距離では2020年度の段階で14m台の跳躍を狙うことができる可能性があったといえる。しかしながら、助走スピードの大きな向上がないままステップまでの距離を増大させたことで、2020年度まではジャンプ距離の大きな増大はなく、やや低下する傾向がみられた。三段跳において各歩の踏切局面では水平速度の減速を抑えることと、鉛直速度を獲得することが課題となる。そのため、ホップおよびステップ局面では水平速度の大きな減速を抑えるために過度に跳躍距離を獲得するのではなく、跳躍比をコントロールすることも重要な課題となる(Allen et al., 2013, 2016; Yu and Hay, 1996)。すなわち、2020年度までの跳躍ではホップおよびステップでの跳躍距離を増大させていたが、ホップおよびステップの踏切局面での水平速度の減速が大きかった可能性があり、その結果としてジャンプ距離が低下していたと考えられる。しかしながら、2020年度までの期間においても対象者のパフォーマンスは向上していたことから、ホップおよびステップでより大きな跳躍距離獲得を目指す戦略を否定する必要はなく、実際のコーチング現場では戦略の一つになると考えられる。

2021年度および2022年度はホップステップの跳躍距離を8.6 m程度に抑えながら、ジャンプ距離を平均値で4.66 m, 4.96 mと向上させていた。このことから、ホップステップ距離を増大させていた2020年度までとは異なる戦略を用いてパフォーマンスを向上させており、助走で獲得したスピードをジャンプの踏切局面まで維持する跳躍であったことが推察される。2022年度までの各歩の跳躍距離

の変化に対して、2023年度は助走最高スピードが増大し、ホップ距離は2020年度と同様に5.0 mを超える水準まで増大していた。また、ステップまでの距離も9.0 m前後まで増大しており、ホップ距離が大きく増大したにも関わらず、前年度と同様のジャンプ距離を獲得することができていた。このことから、助走最高スピードが増大したことで、ホップおよびステップの踏切局面で2020年度と同程度の水平速度の減少が生じたとしても、ジャンプの踏切接地時の水平速度は2021年度や2022年度と同程度であったと推察され、そのことがジャンプ距離の獲得に影響していたと考えられる。

各歩の跳躍比とパフォーマンスとの関係について、Hay(1992)はホップ距離およびジャンプ距離の跳躍距離全体に占める比率をもとに、ホップの比率が他の跳躍の比率と比較して2%以上大きい場合をホップ優位型、ジャンプ距離の比率が他の跳躍の比率と比較して2%以上大きい場合をジャンプ優位型、ホップとジャンプとの比較の差が2%より小さい場合をバランス型として3つの跳躍タイプに分類している。このような跳躍タイプから対象者の各年度における跳躍の特徴をみると、平均値では2018年および2020年度がホップ優位型、その他の年度ではバランス型であり、日本記録を更新した試技ではホップが36.6%、ステップが27.6%、ジャンプが35.9%とバランス型の跳躍であった。各歩の跳躍比と三段跳のパフォーマンスとの関係は競技レベルを問わずホップ、ステップおよびジャンプの比率はそれぞれ、35-40%、25-30%、30-40%の間に収束し、前述した比率から大きく外れるような跳躍ではパフォーマンスの達成率が大きく下がる可能性が指摘されている(柴田ほか, 2019)。対象者の各年度での跳躍比は、いずれも前述した範囲内であるとともに、図3に示したように2023年度は特にホップ比が36%前後に安定していた。ホップ比と比較するとステップ比およびジャンプ比は分析試技によるばらつきが大きい傾向がみられた。2023年度は前年度までと比較して高い水準でパフォーマンスが安定していたことから、助走最高スピードの向上とそれに伴って安定したホップ距離の獲得ができていたことがパフォーマンス向上に影響する要因であったと考えられる。さらに、2020年度と2023年度では同程度のホップ距離(5.0 m前後)を獲得しながらも跳躍タイプがホップ優位型からバランス型へと変化しており、2020年度から2023年度にかけて分析試技の平均値は約0.9 m増大していた。このような跳躍タイプの変化は13 m台前半の

パフォーマンスから 14 m 台のパフォーマンスを目指す際の一つのモデルとなる可能性があると考えられる。一方で、2020 年度から 2021 年度にかけての変化のように、ホップ優位型の競技者がホップ距離を減少させることでバランス型もしくはジャンプ優位型に跳躍タイプを変化させることも可能だといえる。しかしながら、本研究の期間においてもホップ距離が 2020 年度と同程度までに増大した 2023 年度に大きくパフォーマンスを向上させていたことから、パフォーマンス向上の過程でのホップ距離の減少は一時的なものにとどめ、ホップ距離を維持しながらジャンプ距離を増大させることでバランス型へ移行させていくことがパフォーマンス向上のための最適な戦略である可能性が示唆される。

ここまで、本研究の対象者が 13 m 前後のパフォーマンスから日本記録を更新するまでの助走最高スピードの変化および各歩の跳躍距離と跳躍比の変化を明らかにするとともに、跳躍タイプの変化についても検討を行った。次に、対象者がさらなるパフォーマンス向上を目指す際の助走最高スピードおよび各歩の跳躍距離の目標値についても検討する。まず、2023 年度に実施された世界選手権では参加標準記録が 14.52 m、2024 年度のオリンピック競技大会の参加標準記録が 14.55 m に設定されており、2023 年度の世界選手権における予選通過記録が 14.30 m であった。このことから、対象者の次のターゲット記録として 14.30 m から 14.50 m が想定される。柴田ほか (2019) が提示している女子三段跳における跳躍距離に対する助走の最高スピードと各歩の跳躍距離の推定式を用いると、前述したターゲット記録に対する各パラメータの目標値は、助走の最高スピードが 9.11 – 9.03 m/s、ホップ距離が 5.35 – 5.28 m、ステップ距離が 4.10 – 4.04 m、ジャンプ距離が 5.06 – 4.99 m、ホップステップ距離が 9.44 – 9.31 m となる。これを対象者が日本記録を更新した跳躍における助走最高スピードと各歩の跳躍距離と比較すると、ジャンプ距離は上記の目標値を上回っている。一方で、助走最高スピード、ホップおよびステップ距離とその合計であるホップステップ距離は目標値を下回っている。このことから、対象者のさらなるパフォーマンス向上のためには、助走最高スピードを 9.0 m/s 以上に向上させること、ホップ距離を 5.3 m 前後まで増大させることが重要な課題となることが示唆される。なお、対象者の 2020 年度までのパフォーマンス向上過程と同様に、現在の助走最高スピードを維持したままホップ距離を 5.3 m 前後まで増大させることができる可能性は

あるが、それに伴いジャンプ距離は一時的に低下することが予想される。このことから、最終的には助走最高スピードを向上させることは重要な課題であるといえるであろう。また、三段跳の記録に対する走幅跳記録の標準値を検討した研究では、14.50 m の三段跳記録に対して 6.75 – 6.27 m の走幅跳記録が必要になることが報告されている (犬井ほか, 2019)。対象者の 2023 年時点における走幅跳の自己記録は 6.10 m であることから、三段跳のパフォーマンス向上のために三段跳の関連種目である走幅跳のパフォーマンス向上を検討することも有効となる可能性が考えられる。

本研究では、助走最高スピードおよび各歩の跳躍距離の変化から、対象者の日本記録更新に至るまでの特徴について明らかにしてきた。一方で、踏切の各局面における詳細な動作、対象期間における対象者の体力特性の変化や実践現場における競技者と指導者の具体的なトレーニング、コーチング実践の取り組みについて検討することはできていない。陸上競技の研究においても実践研究の重要性が指摘されており (森丘ほか, 2021)、女子走幅跳競技者を例とした具体的なコーチング実践についての報告もなされている (木越ほか, 2021)。本研究の対象者は実際にシニア期において競技力を大きく向上させた女子三段跳競技者の貴重な事例である。今後の課題として、このようなコーチング実践の事例を蓄積するとともに、コーチング実践と本研究において提示したような定量的データの関係性について共有することで、コーチングやトレーニング現場への還元を検討することができれば、日本における女子三段跳のさらなる競技力向上に有益な知見になると考えられる。

V 結論

本研究の目的は、日本記録を更新した女子三段跳競技者を対象として日本記録更新までのパフォーマンスの向上と助走スピードおよび各歩の跳躍距離と跳躍比の縦断的变化との関係について事例的に検討することであった。

本研究の対象者は 2017 年度から 2020 年度までにかけては助走最高スピードを向上させることなく、ホップおよびステップの跳躍距離を増大させることでパフォーマンスを向上させていたが、この期間においてはジャンプ距離の増大はみられなかった。2021 年度および 2022 年度は助走最高スピードを維持しながら、ホップ距離を抑制することでホップお

よびステップ局面での水平速度の減少を小さくすることでジャンプ距離を増大させることでパフォーマンスを向上させていた。日本記録を更新した2023年度は助走最高スピードを向上させるとともに、ホップ距離を増大させながらもジャンプ距離を維持できていたことがパフォーマンス向上につながっていた。各年度においてパフォーマンス向上のための戦略および跳躍タイプに違いがみられたことから、今後は本研究の対象期間におけるコーチング実践の取り組みなどについて検討することができれば、日本における女子三段跳競技者のさらなる競技力向上に役立つと考えられる。

文献

- Allen, S. J., King, M. A. and Yeadon, M. R. (2013) Trade-offs between horizontal and vertical velocities during triple jumping and the effect on phase distances. *Journal of Biomechanics*, 46: 979-983.
- Allen, S. J., King, M. A. and Yeadon, M. R. (2016) Optimization of phase ratio in the triple jump using computer simulation. *Human Movement Science*, 46: 167-176.
- Hay, J. G. (1992) The biomechanics of triple jump: A review. *Journal of Sports Science*, 10: 343-378.
- 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*, 119: 30-39.
- 木越清信・山元康平・柴田篤志・犬井亮介 (2021) コーチング実践を通じた女子走幅跳のパフォーマンス構造モデルの検証. *陸上競技研究紀要*, 17: 30-34.
- Koh, T. J. and Hay, J. G. (1990) Landing leg motion and performance in the horizontal jumps II: The triple jump. *International Journal of Sport Biomechanics*, 6 (4): 361-373.
- 小山宏之・村木有也・武田理・阿江通良・伊藤信之 (2006) 競技会における一流男女走幅跳, 三段跳および棒高跳選手の助走速度分析. *陸上競技研究紀要*, 2: 129-143.
- 小山宏之・村木有也・武田理・阿江通良・伊藤信之 (2007) 競技会における一流男女棒高跳, 走幅跳および三段跳選手の助走速度分析 (日本陸連科学委員会研究報告 第6巻 (2007) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2006). *陸上競技研究紀要*, 3: 104-122.
- 小山宏之・村木有也・柴山一仁・清水悠・阿江通良 (2012) 競技会における一流男女走幅跳および三段跳選手の助走スピード分析 (日本陸連科学委員会研究報告 第11巻 (2012) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2011). *陸上競技研究紀要*, 8: 46-64.
- Miller, J. A. and Hay, J. G. (1986) Kinematics of a world record and other world-class performances in the triple jump. *International Journal of Sport Biomechanics*, 2: 272-288.
- Muraki, Y., Koyama, H., Ae, M., Shibayama, K., and Yoshihara, A. (2009) Run-up velocity in the men's and women's triple jump at the 2007 IAAF World Championships in Athletics in Osaka (日本陸連科学委員会研究報告第8巻 (2009) 陸上競技の医科学サポート研究 REPORT2008). *陸上競技研究紀要*, 5: 119-124.
- 森丘保典・福田厚治・田内健二・木越清信・榎本靖士 (2021) 陸上競技コーチング学の体系化に向けた実践研究のあり方について - 根拠に基づく実践の最適化を目指して -. *陸上競技研究紀要*, 17: 43-50.
- 岡部優真・片峯隆・野口安忠 (2021) 高校女子三段跳における国内競技レベルの変化: 全国規模の競技会における実施の有無に着目して. *びわこ成蹊スポーツ大学研究紀要*, 18: 77-85.
- 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.
- 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*, 118: 22-31.
- 山元康平・柴田篤志・犬井亮介・木越清信 (2020) オリンピック競技大会参加資格としてのWA World ranking 跳躍種目の現状. *陸上競技研究*, 120: 21-29.
- Yu, B. and Hay, J. G. (1996) Optimum phase ratio in the triple jump. *Journal of Biomechanics*, 29: 1283-1289.