

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 24 日現在

機関番号：82632

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2023

課題番号：19K20003

研究課題名（和文）トッパスリートの跳躍パフォーマンス評価と個別性トレーニング方法の検証

研究課題名（英文）Assessment of jump performance in elite athletes and the effects of individualized training methods

研究代表者

山下 大地（Yamashita, Daichi）

独立行政法人日本スポーツ振興センター国立スポーツ科学センター・スポーツ科学・研究部・研究員

研究者番号：00734815

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、高くジャンプできるエリートアスリートの運動学・運動力学的特徴を明らかにしたことで、多くのアスリートのトレーニングに活用できると考えられる。またフィードバックトレーニングの導入に際し、妥当性と信頼性、実際にフィードバックトレーニングを行った際に起こるジャンプパフォーマンスの変化を明らかにした。これらのことより、トレーニング中のフィードバックによりよりジャンプ高を向上させることができる可能性があるが、一方でフィードバックの内容により、他のジャンプパフォーマンスも変わってしまうことも明らかになり、実装の留意点を明らかにすることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、高くジャンプできるエリートアスリートの運動学・運動力学的特徴を明らかにした。特に、これまでの一般アスリートの知見とは異なり、エリートアスリート（よりジャンプ高が高い）は股関節パワー発揮が顕著に大きかった。このことは、多くのアスリートのトレーニングにとって新たな示唆を提供できる。また近年では様々な即時的にパフォーマンスを数値化できる機器が多く用いられている。そうした機器の導入に際し、本研究では妥当性と信頼性を明らかにし、かつフィードバックトレーニングの影響について明らかにした。これらのことから、フィードバック機器を用いてより効果的なトレーニングを実施できるように啓蒙することができる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we identified the kinematic and kinetic characteristics of elite athletes who can jump high, which can be applied to the training of many athletes. Additionally, we examined the reliability and validity of feedback methods and clarified the changes in jump performance that occur with feedback training. From these findings, it is suggested that feedback during training can potentially enhance jump height. However, it was also revealed that the variables of the feedback might alter other aspects of jump performance, highlighting important considerations for implementation.

研究分野：バイオメカニクス

キーワード：バイオメカニクス ジャンプ フィードバック トレーニング 運動学 運動力学

## 1. 研究開始当初の背景

跳躍動作はスポーツにおいて非常に重要な動作である。多くの競技で跳躍能力が求められるが、高い跳躍能力の選手をさらに向上させることは難しく、そのためにはトレーニング科学、バイオメカニクス、運動学習の知見を総合し、選手個人の特性に合ったトレーニングを処方する必要がある。近年では跳躍高を高めるために、毎回フィードバックを提示することが有効だと考えられている (Nagata et al., 2018)。しかしいくつかの検討事項がある。

1 つ目は、高く跳べるアスリートの特徴を明らかにすることである。その知見により、その特徴をより強調するトレーニングを実施すればトレーニング効果が高まることが期待される。

2 つ目はフィードバック内容を算出する機器の誤差の影響である。ジャンプ高算出機器に誤差が生じれば、誤差が生じた値をフィードバックすることになり、アスリートに不利益を与えることにつながりかねない。跳躍高計算のゴールドスタンダードは、フォースプレートを用いて力積から算出する方法であるが、一般的には簡便に滞空時間から計算する方法が用いられている。しかしその方法では、着地時の姿勢により滞空時間が長くなり、跳躍高を過大評価してしまうことが知られている (Yamashita et al., 2020)。また近年では、より安価な慣性センサーを用いることで容易に跳躍高を得ることができる。しかし慣性センサーの多くは精度が検証されていない。

3 つ目は、与えるフィードバックの内容である。1 つ目に関連するが、与えるフィードバックの内容が異なると、トレーニング効果も異なる可能性がある。アスリートの下肢のパワー発揮能力の評価として、これまで跳躍高が多く用いられてきたが、近年はより実際の競技に即した「高くかつ早く」動く能力を評価する指標として、跳躍高と動作時間の比である Reactive Strength Index Modified (mRSI) が注目されている。

研究開始当初は研究対象者の跳躍時の地面反力の波形でパターン分けし、有効なフィードバックの内容を明らかにする予定であったが、コロナ禍で十分な数の研究対象者を集めることができなかったため、画一的なフィードバック課題に変更し、実験を行った。

## 2. 研究の目的

本研究期間内には下記の 3 つの目的を検証する実験を行った。

(実験 1) 高い跳躍高を可能にする跳躍動作のバイオメカニクスの特徴を明らかにすることを目的とした。

(実験 2) 慣性センサーを用いた跳躍高と、フォースプレートを用いた力積法で計算した跳躍高の差を検証した。

(実験 3) 力積法と滞空時間法による跳躍高を即時でフィードバックする 4 週間の跳躍トレーニングで、跳躍高の向上度合いに差があるか、また滞空時間のフィードバックを与えることにより誤差が大きくなるのかどうかを検討した。

(実験 4) mRSI を即時でフィードバックすることにより、4 週間のジャンプトレーニングによる mRSI の変化を検証した。

## 3. 研究の方法

(実験 1) 様々な競技のトップアスリート 72 名 (男性 49 名、女性 23 名) を対象とし、腕振りなし、反動ありのカウンタームーブメントジャンプを行った。身体の右側 10 か所に LED マーカーを貼付し、側方に設置したハイスピードカメラ (120fps) およびフォースプレート (1200Hz) より地面反力および各 LED の座標を取得した。

(実験 2) 18 名の男性を対象に、慣性センサー (Push Band 2.0, PUSH 社製) を腰ベルトに装着し、フォースプレートの上で反動ジャンプを行った。

(実験 3) フォースプレートの電圧データを Python でプログラムすることにより、PC モニターに跳躍高を表示するシステムを用いて実験を行った。一般健常大学生 21 名を、力積により計算された跳躍高をフィードバックする条件 (力積群) 11 名と、滞空時間により計算された跳躍高をフィードバックする条件 (滞空群) 10 名に分け、8 セッション (週 2 セッション、4 週間) のジャンプトレーニングを実施した。1 セッションにつき、20 回のジャンプ (5 回 4 セット) を行った。両群ともに「できるだけ高く跳ぶ」よう教示した。

(実験 4) 実験 3 と同様、フォースプレートの電圧データを Python でプログラムすることにより、PC モニターに跳躍高および mRSI を表示するシステムを用いて実験を行った。一般健常大学生 20 名を、跳躍高と mRSI の値を毎試行フィードバックする群 10 名と、何もフィードバックしない群 10 名に分けて実験を行い、プレテストにてトレーニング効果を比較した。ジャンプトレーニングは 8 セッション (週 2 セッション、4 週間) で、1 回のトレーニングにつき、20 回のジャンプ (5 回 4 セット) を行った。両群ともに「できるだけ早く、かつ高く跳ぶ」よう教示し、フィードバック群にはさらに「表示される mRSI を高くするように跳ぶ」よう教示

を加えた。フォースプレートにより、反動動作開始から離地までの時間と、その時の力積から跳躍高および mRSI を算出した。

#### 4 . 研究成果

(実験 1) 男性・女性共に同様の結果が得られた。跳躍高とピークパワーおよびボトム局面(反動による身体重心最下点)のフォースに正の相関がみられた。一方でピークパワーとボトム局面のフォースとの間には相関がみられなかった。またボトム局面のフォースは同局面の股関節・膝関節・足関節トルクと正の相関を示した。したがって、ピークパワーとボトム時の地面反力は独立で跳躍高に貢献していることが示唆され、ピークパワーを高めるトレーニングと、ボトム局面の下肢関節のトルク発揮を高めるトレーニングにより跳躍高を高めることができることが示唆された。

(実験 2) フォースプレートから算出した跳躍高と慣性センサーから取得した跳躍高は非常に高い信頼性を有していたが、4.0 cm の系統誤差が存在し、その誤差の程度は個人で大きく異なることが明らかになった。

(実験 3)

どちらの群も跳躍高は同程度向上した(力積群 14.0%、滞空群 15.6%)。一方で、滞空時間法で計算した跳躍高の差(過大評価度合い)は滞空群が大きく増加していた(力積群 26.9%、滞空群 238.5%)。このことから、滞空時間をフィードバックするトレーニングでは、跳躍高が向上するとともに着地姿勢も変化、つまり過大評価を促す着地姿勢を学習してしまうことが明らかになった。

(実験 4) 跳躍高は両群とも同等に向上したが、フィードバック群は動作時間を維持していた一方で、フィードバックなし群は動作時間が延長した。mRSI はフィードバック群のみ向上した。以上のことから、より競技に即したパフォーマンス評価だと考えられる mRSI を即時でフィードバックするトレーニングの有効性が示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Yamashita Daichi, Yamaguchi Shota, Hernandez Fred Ariel, Yuasa Yasuhiro	4. 巻 5
2. 論文標題 Anthropometric and Physical Performance Profiles of High School Age American Football Players: 11th and 12th Grade Japanese Athletes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Science in Sport and Exercise	6. 最初と最後の頁 25 ~ 33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42978-021-00161-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Yamashita Daichi, Kinoshita Shinto, Sakaguchi Takeshi	4. 巻 3
2. 論文標題 Annual Changes in the Physical Characteristics of Japanese Division I Collegiate American Football Players	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Strength and Conditioning	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.47206/ijsc.v3i1.131	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山下 大地、朝倉 全紀	4. 巻 18
2. 論文標題 アメリカンフットボール選手の体力特性に関する国内外の研究	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 フットボールの科学	6. 最初と最後の頁 164 ~ 170
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山下 大地	4. 巻 73
2. 論文標題 ハイパフォーマンススポーツにおける測定と評価 (1) アスリートの測定・評価の概要および課題	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 体育の科学	6. 最初と最後の頁 197-201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nagao Hideyuki, Yamashita Daichi	4. 巻 17
2. 論文標題 Validation of video analysis of marker-less barbell auto-tracking in weightlifting	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0263224
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0263224	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 長尾秀行、山下大地	4. 巻 33
2. 論文標題 クイックリフト動作のバイオメカニクス (特集 レジスタンストレーニングのバイオメカニクス)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 トレーニング科学	6. 最初と最後の頁 201-207
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 村田 宗紀、稲葉 優希、山下 大地	4. 巻 24
2. 論文標題 垂直跳における運動量および角運動量制御	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 バイオメカニクス研究	6. 最初と最後の頁 19~30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.32226/jjbse.2020_003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 山下 大地、西牧 未央、長尾 秀行、池田 道生、沼田 幹雄、井上 謙二、西口 茂樹	4. 巻 6
2. 論文標題 レスリング競技・男子フリースタイルにおける日本人エリート選手の 体組成・筋力・パワー・筋持久力特性	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of High Performance Sport	6. 最初と最後の頁 33~43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.32155/jissjhps.6.0_33	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamashita Daichi、Kubo Takafumi	4. 巻 20
2. 論文標題 Anthropometric and Performance Parameters of Japanese High School American Football Players: A Case Study of Selection for International Matches	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Global Journal of Human-Social Science	6. 最初と最後の頁 1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34257/gjhssavol20is11pg1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamashita Daichi、Arakawa Hiroshi、Wada Takahiro、Yumoto Kenichi、Fujiyama Kotaro、Nagami Tomoyuki、Shimizu Seshito	4. 巻 2
2. 論文標題 Whole-Body Mechanics of Double-Leg Attack in Elite and Non-elite Male Freestyle Wrestlers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Sports and Active Living	6. 最初と最後の頁 1~10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fspor.2020.00058	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 山下大地	4. 巻 27
2. 論文標題 特集 変わりゆくスポーツと科学(パート46)方向転換能力に関する科学研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Strength & Conditioning Journal : 日本ストレングス&コンディショニング協会機関誌	6. 最初と最後の頁 2~8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山下大地	4. 巻 71
2. 論文標題 格闘技系競技におけるハイパフォーマンススポーツ研究 レスリングと空手に関する医・科学研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 生体の科学	6. 最初と最後の頁 226-231
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamashita Daichi、Murata Munenori、Inaba Yuki	4. 巻 10
2. 論文標題 Effect of Landing Posture on Jump Height Calculated from Flight Time	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 776 ~ 776
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app10030776	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 山下 大地、石田 優子
2. 発表標題 跳躍高における腕振り効果の評価の妥当性と信頼性 - 力積法、滞空時間法、慣性センサーを用いた検討 -
3. 学会等名 第35回日本トレーニング科学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 舘山 颯斗、山下 大地、大橋 智志、塩野谷 明
2. 発表標題 Reactive Strength Index Modifiedの即時フィードバックを用いたジャンプトレーニングの効果
3. 学会等名 スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Daichi Yamashita
2. 発表標題 Evidence-Informed Assessment and Monitoring in the High Performance Gym
3. 学会等名 13th International Congress on Sport Sciences (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長尾秀行、山下大地
2. 発表標題 ストレンクス&コンディショニング分野における バイオメカニクスデータの取得と活用
3. 学会等名 第27回日本バイオメカニクス学会大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新地弘太郎, 宮本直和, 青木和浩, 山岸卓樹, 山下大地
2. 発表標題 エリートアスリートの跳躍高を規定する下肢3関節のキネティクスおよびキネマティクスの要因
3. 学会等名 第27回日本バイオメカニクス学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yamashita Daichi
2. 発表標題 Jump measuring system at high-performance training gym at JISS
3. 学会等名 The 5th ASIA Congress（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山下 大地、石田 優子、岡元 翔吾
2. 発表標題 iOSアプリを用いたジャンプ高およびリバウンドジャンプ指数の妥当性と信頼性
3. 学会等名 第33回 日本トレーニング科学学会大会（招待講演）
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 石田 優子、山下 大地
2. 発表標題 PUSH Band 2.0を用いた跳躍高と反応筋力指数の妥当性と信頼性
3. 学会等名 NSCAジャパン S&Cカンファレンス2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山下 大地、池田 達昭、田村 尚之、大石 益代、高橋 佐江子、鈴木 栄子、中本 真也、岡元 翔吾、石田 優子
2. 発表標題 レッグプレスマシンによる下肢伸展パワーと各種体力測定との関係
3. 学会等名 NSCAジャパン S&Cカンファレンス2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山下大地、加藤英人、小林靖永
2. 発表標題 ジャンプ高向上のためのアシスティッドジャンプトレーニングの効果
3. 学会等名 NSCAジャパンS&Cカンファレンス2019
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 平山邦明	4. 発行年 2021年
2. 出版社 文光堂	5. 総ページ数 288
3. 書名 アスレティックパフォーマンス向上のための トレーニングとリカバリーの科学的基礎	

1. 著者名 独立行政法人日本スポーツ振興センター、ハイパフォーマンススポーツセンター、国立スポーツ科学センター、松林武生	4. 発行年 2021年
2. 出版社 大修館書店	5. 総ページ数 389
3. 書名 フィットネスチェックハンドブック	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------