

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：32620

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2022

課題番号：17K13123

研究課題名(和文) 富士山の地形的メリットを活かしたトレイルランナーの低酸素運動時の生体応答の探求

研究課題名(英文) Investigating the physiological response during Low Oxygen Exercise in Trail Runners Leveraging the Topographical Advantages of Mt. Fuji

研究代表者

辻川 比呂斗(Tsujikawa, Hiroto)

順天堂大学・保健看護学部・准教授

研究者番号：10348980

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,600,000円

研究成果の概要(和文)：無舗装の山道を走るトレイルランニングや山岳競技であるスカイランニングは、近年、その競技者数が増えてきているにもかかわらず、詳細な生理的応答の研究は少ない。本研究は、平地での最大運動負荷試験と富士山フィールドでのタイムアタック(TA)の結果からランナーの体力特性を検討することを目的とした。健康な男性8名を対象者として上位群と下位群として比較された。上位群は体脂肪率が低く(5.0%)、TA中の強度は80%VO<sub>2</sub>max相当であり、TA前のWBIは約1.1でTA後は有意に変化しなかった。一方で、下位群では低値を示し、特に大腿屈筋力は低かった。活性酸素は、生体防御機構の許容範囲内である事がわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

マラソンブームと登山ブームから、トレイルランニングへの関心が高まり、また富士登山においても人気が以前に高い。このような準高地における持久性運動において、どのような生体応答があり、負担となるのかを明らかにすることは、学術的に意義のあることである。また、トップアスリートと一般アスリートの差異を明らかにすることで、正しいトレーニングや安全性を確保しながら、競技能力を高める一助となると考える。

研究成果の概要(英文)：Despite the recent increase in the number of athletes competing in trail running on unpaved mountain roads and in skyrunning, a mountain sport, there have been few studies on the detailed physiological responses. This study aimed to examine the physical fitness characteristics of runners based on the results of a maximal exercise test on level ground and a time attack (TA) in the field of Mt. Fuji. Eight healthy male subjects were compared as the upper and lower groups. The upper group had a low body fat percentage (<5.0%), intensity during TA was equivalent to 80% VO<sub>2</sub>max, and WBI before TA was about 1.1 and did not change significantly after TA. On the other hand, lower values were observed in the lower groups, especially in thigh flexor strength. ROS was found to be within the acceptable range of biological defense mechanisms.

研究分野：運動生理学

キーワード：トレイルランニング スカイランニング 生理的指標 乳酸閾値 酸化ストレス WBI 富士山

## 1. 研究開始当初の背景

西暦 2000 年前後より本邦において、マラソンブームおよび登山ブームの相乗効果から、トレイルランニングと呼ばれる未舗装の山岳レースに注目が集まっている。静岡県においては、標高約 1,500m の準高地である富士山御殿場口新五合目に 2014 年よりトレイルステーションと呼ばれる観光・環境・教育を目的とした拠点が設置され、国内のトレイルランナー達が富士登山駅伝のための合宿やタイムトライアルを実施している。富士山を中心としたランニングレースは、ウルトラマラソンマウントフジ (UTMF) のように 100km を超える超長距離レースの他に、富士登山競走のような垂直方向の標高を稼ぐスカイランニングという種目に分けることができる。スカイランニングの歴史は 1895 年にイギリスのベン・ネビス山から始まり、日本においては 1913 年に静岡県御殿場市で開催された富士登山競走まで遡る。公式団体としては、国際スカイランニング連盟 (ISF) が 2006 年に設立され、日本では、2006 年にワールドシリーズ戦として開催された OSJ おんたけスカイレースが口火となり、2013 年には日本スカイランニング協会 (JSA) が発足した。2014 年に ISF への正式加盟を達成した後、現在 16 の公認レースが日本各地で開催され、参加者は 10000 人を数える程の種目となっている (JSA HP 2016 現在)。

トレイルランニングやスカイランニングは、通常のシティマラソンとは異なり、山岳地帯を走行するため、脱水のみならず、高山病や低体温症などのリスクが高いと考えられる (奥井 2015)。そのような過酷な環境を走る競技の為、一流のトレイルランナーおよびスカイランナーは、エリート長距離ランナーと比較して、身体的能力の優劣よりも防衛体力的な要素や自己マネジメント能力が優れている可能性が示唆されるが、科学的なエビデンスは蓄積されていない。ウルトラマラソンと呼ばれる 100km を超える持久性レース中の生態応答やスポーツ障害に関する研究はいくつも報告されているが、トレイルランニングに関する研究は世界的にも少なく (Easthope ら 2010 年、2014 年)、基礎的なデータを積み重ねる時期であると言える。特にスカイランニングのような垂直方向への急激な登坂および下山走を伴うレースに関する研究についての報告は現在見当たらない。

一昨年より、富士山の地形的メリットを活用した準高地長期に滞在する場合の呼吸循環機能の変化および酸素運搬能力ならびに酸化ストレスに関するパイロットスタディを実施し、1,500m の 2 ヶ月間に渡る滞在によって、酸化ストレスが増大することを報告した (平成 26 年度御殿場市調査研究報告会)。また平成 27 年度は、準高地におけるスカイランニング (標高差 1,500m 以上のトレイルランニング) 中の生理学的変数について一般成人と鍛錬者との比較実験を行なった。その成果について、トレイルランニングの鍛錬者とは非鍛錬者では、同一程度の心拍負荷にも関わらず、鍛錬者では高い運動強度を保つ傾向が見られた (平成 28 年度第 71 回日本体力医学学会にて発表)。しかしながら、例数も少なく、スカイランニングが身体に及ぼす影響については、更なるデータの積み重ねが必要と考えられる。またフィールド実験であるため、実験室環境とはことなり必ずしも望ましい環境での測定とはなりにくい。そのため、非鍛錬者を対照群とした標高の違いが生体応答に関する影響についても計測し、準高地における滞在や運動の影響について解析をすすめ、野外教育活動やアウトドアスポーツの安全管理に応用できる基盤となる研究の実施は非常に価値のあるものと考えられる。

## 2. 研究の目的

(1) 本研究計画により、通常のトレッキングや登山よりも過酷な状況で実施されるスカイレースにおける身体負荷やリスクを明確にすることで、準高地における滞在・運動の健康増進に対する寄与を掌握できると考える。

### (2) 具体的な目的

スカイランニングが生体に及ぼす影響を明らかにし、また一流スカイランナーの身体的・心理的特性を検証し、非鍛錬者と比較・検討する。

鍛錬者と非鍛錬者における標高の違いが安静時および運動時の生体応答に及ぼす影響について検討する。

### 3. 研究の方法

本研究で明らかにすること

- (1) スカイランニング前後の各パラメーターの比較  
富士山の開山期間において、標高 1,500 m から標高 3,000 m の往復タイムアタック（もしくは山頂タイムアタック）の前後における体力測定およびタイムアタック中の心拍応答、GPS 記録を解析し、標高と走行スピード、運動強度、心拍数との関連性を明らかにする。また、タイムアタックの前後および折り返し地点において採血をおこない、血液成分を測定結果から、スカイランニング中の酸化ストレスマーカーや高地順化パラメーターの変動を明らかにする。
- (2) スカイランナーの身体的・心理的特性の把握  
スカイランナーおよびトレイルランナーの身体プロフィール・心理的特性を明らかにしてすることにより、トレイルランナーのコンディショニングなどの健康管理や生涯スポーツとしての種目適正の選択基準を探る。
- (3) 標高の違いが心拍・乳酸応答に及ぼす影響  
鍛錬者および非鍛錬者を対象に、標高の異なる場所における安静時および運動中の応答を把握することで低酸素に対する反応の違いを把握する。

### 4. 研究成果

- (1) 「スカイランニング前後の各パラメーターの比較」について、ウォーキング研究で（辻川 2022 年）報告したように、スカイランナーの上位者は下位者と比較して、相対的な運動強度は低く抑えることができ、また脚伸展筋力および脚屈曲筋力の低下が少ない事がわかった。酸化ストレス応答には登坂速度と負の相関があり、上位選手は酸化ストレスに対する反応が少ない事が分かった。
- (2) 「スカイランナーの身体的・心理的特性の把握」としては、身体的特性として上位選手は最大酸素摂取量が国内マラソンランナーのトップ選手並みに高く、体脂肪率も 5% 未満であった。また心理的特性については、精神回復尺度において、シティランナーよりも新奇性追求、感情調整、肯定的な未来志向についての値が有意に高いことが示された（浅井 2019 年）。
- (3) 「標高の違いが心拍・乳酸応答に及ぼす影響」については、第 95 回日本生理学会大会（辻川 2018 年）や平成 29 年度マウントフジトレイルステーション事業報告会にて報告したように、これまで標高 2,000m 以上の高さでないと効果がないと言われていた低酸素トレーニング効果について、海拔 0m から 2,500m まで 500m ずつシャトルランやステップ運動を行い、その際の酸素摂取量や乳酸応答を測定することで、1,500m 以上の標高から十分な低酸素環境による影響があることが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 長澤純一, 小磯直人, 吉富悠騎, 辻川比呂斗, 杉山康司, 祝原豊, 長津恒輝, 鈴江毅, 内丸仁, 櫻井拓也, 白土健, 大野秀樹, 木崎節子	4. 巻 38
2. 論文標題 低酸素環境下の生体負担指標としての心拍変動DFA解析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 登山医学	6. 最初と最後の頁 26-35
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 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 辻川 比呂斗, 長津 恒輝, 祝原 豊, 長澤 純一, 和田 知樹, 田中 将, 村田 真一, 杉山 康司	4. 巻 26
2. 論文標題 富士山 (標高1,450m ~ 3,300m) のスカイランニングタイムアタック中のランナーの生体応答と体力特性	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ウォーキング研究	6. 最初と最後の頁 73-81
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 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11件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 辻川 比呂斗, 長津 恒輝, 土屋 亮太, 水野 大貴, 鈴江 毅, 杉山 康司
2. 発表標題 準高地における間欠的スプリントトレーニングにおける生理的変数と性差に及ぼす影響
3. 学会等名 第76回日本体力医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 水野 大貴, 長津 恒輝, 土屋 亮太, 辻川 比呂斗, 長澤 純一, 祝原 豊, 鈴江 毅, 内丸 仁, 杉山 康司
2. 発表標題 一過性準高所暴露下における高回転自転車漸増負荷運動中の生理学的変化
3. 学会等名 第75回 日本体力医学会大会 (WEB開催)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長津 恒輝、辻川 比呂斗、長澤 純一、祝原 豊、鈴江 毅、内丸 仁、杉山 康司、内藤 久士
2. 発表標題 準高所における一過性高強度間欠的運動が無酸素性能力に及ぼす影響
3. 学会等名 第75回 日本体力医学会大会 (WEB開催)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 辻川 比呂斗、長津 恒輝、渡邊 雅、鈴江 毅、祝原 豊、長澤 純一、杉山 康司
2. 発表標題 標高1,500m周辺の6km周回トレイルランニング中の生理学的パラメーターとランナーの体力特性
3. 学会等名 第24回日本ウォーキング学会 (WEB開催)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長津恒輝、辻川比呂斗、長澤純一、祝原豊、鈴江毅、内丸仁、杉山康司、内藤久士
2. 発表標題 準高所における一過性運動が翌日の無酸素性能力に及ぼす影響
3. 学会等名 第74回 日本体力医学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浅井 玲子
2. 発表標題 トレイルランナー・スカイランナーの心理的特徴について
3. 学会等名 日本体育学会 第70回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 辻川比呂斗、渡邊雅、長津恒輝、祝原豊、長澤純一、和田知樹、田中將、杉山康司
2. 発表標題 富士山スカイランニングタイムアタックと平地最大運動テスト結果からみたスカイランナーの体力特性
3. 学会等名 第23回日本ウォーキング学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 TsujiKawa H, Nagatsu K, Nagasawa J, Iwaihara Y, Murata S, Sasaki S, Sugiyama S.
2. 発表標題 Changes in weight bearing index (WBI) before and after sky running in Mt. Fuji
3. 学会等名 The 9th Federation of Asian and Oceanian Physiological Societies Congress: FAOPS2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 TsujiKawa H, Nagatsu K, Nagasawa J, Iwaihara Y, Murata S, Sugiyama K
2. 発表標題 Effects of difference in the range from sea level to moderate altitude at field on physiological response during endurance exercise
3. 学会等名 第95回日本生理学会大会 (高松)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杉山康司、村田真一、長澤純一、祝原豊、辻川比呂斗、浅井玲子、長津恒輝、内丸仁、佐野光、鈴江毅
2. 発表標題 健康づくりを目差した観光者誘客およびスポーツ合宿施設としての高地トレーニングメソッドの可能性に関する研究
3. 学会等名 平成29年度マウントフジトレイルステーション事業報告会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Koki Nagatsu, Hiroto Tsujikawa, Junichi Nagasawa, Yutaka Iwaihara, Shinichi Murata, Koji Sugiyama
2. 発表標題 Effects of acute exposure to moderate altitude on physiological response during maximal and submaximal exercise
3. 学会等名 第22回 静岡健康・長寿学術フォーラム
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

日本ウォーキング学会 第24回大会概要 <a href="http://jwr.jp/%e5%8f%82%e5%8a%a0%e7%94%b3%e8%be%bc/">http://jwr.jp/%e5%8f%82%e5%8a%a0%e7%94%b3%e8%be%bc/</a>
--

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
研究協力者	杉山 康司  (Sugiyama Koji)  (10206443)	静岡大学・教育学部・教授    (13801)	
研究協力者	長澤 純一  (Nagasawa Junichi)  (40228002)	日本大学・文理学部・教授	
研究協力者	長津 恒輝  (Nagatsu Koki)	順天堂大学・スポーツ健康科学研究科・大学院生	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	浅井 玲子  (Asai Raiko)	法政大学・兼任講師	

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