

## 女性トレイルランナーにおけるトレーニングおよびペース戦略 76.7 kmトレイルランニングレース優勝を事例として

高山史徳<sup>1)</sup>, 宮崎喜美乃<sup>2)</sup>, 山本正嘉<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 筑波大学大学院人間科学総合研究科

<sup>2)</sup> 株式会社ミウラ・ドルフィンズ

<sup>3)</sup> 鹿屋体育大学

キーワード: トレイルランニング, 女性, テーパリング, 筋損傷, ペース戦略

### 【要約】

本研究は, 76.7 kmトレイルランニングレースで女子総合優勝を果たしたトレイルランナーのレース16週間前からのトレーニング状況, レース中のペースおよび心拍数の変動を基にレースの成功要因を提示した. 得られた主な結果を以下に示す.

- 1) 先行研究と比べ, トレーニング量は低い傾向にあったが, 中強度以上のトレーニング時間が約5割を占めていた.
- 2) 鍛錬期においては, 週末に連日して50 km前後のトレイルランニングを行い高い負荷をかけていた一方で, 平日の負荷は低く, めりはりのあるトレーニングを行っていた.
- 3) レース約2週間前に37 kmトレイルランニングレースに出場した以降は, トレーニング量を著しく低下させることでテーパリングを行っていた.
- 4) 過去に出場したレースに比べ, レース終盤に至るまで速いペースを維持し, 心拍数も高かった. これは, レースやトレーニング経験に加え, 事前にペース戦略を立てたことが影響していると考えられる.

以上の結果より, 本選手が優勝に至った要因として, 起伏のあるコースを超長時間にわたり走る競技に特化したトレーニングを行っていたのに加え, 優れたペース配分能力を身につけたことが影響したと考えることができる.

スポーツパフォーマンス研究, 8, 180-198, 2016年, 受付日: 2015年11月17日, 受理日: 2016年4月28日

責任著者: 高山史徳 〒305-8574 つくば市天王台1-1-1 fuminori.takayama1990@gmail.com

\*\*\*\*\*

### **Training and pace strategy of a woman's trail runner: The winner in a 76.7-km trail running race**

Fuminori Takayama<sup>1)</sup>, Kimino Miyazaki<sup>2)</sup>, Masayoshi Yamamoto<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Graduate School of Comprehensive human Sciences, University of Tsukuba

<sup>2)</sup> Miura Dolphins CO., Ltd.

<sup>3)</sup> National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key words: trail running, women runners, tapering, muscle damage, pace strategy

**[Abstract]**

The present study proposes factors that may lead to success in trail running races. The subject was a woman runner who had participated in a 16-week training program. Measures included her pace distribution and heart rate during a 76.7 km trail running race in which she achieved the overall win. The major findings were as follows:

- 1) Compared to previously published research, the amount of training was rather less, but the time spent in higher load training was about 50%.
- 2) During the training period, the training was modulated, i.e., high load training was done with a 50-km run on weekends, whereas the training load on weekdays was lower.
- 3) After the runner participated in a 37-km race around 2 weeks before the main race, the amount of training was significantly reduced.
- 4) Compared to past races, the runner maintained a high pace up to the final stage of the race, and her heart rate was high. This resulted from her experience of racing and the present training, as well as her well prepared pace-distribution strategy.

These results suggest that the winning factor may have been acquisition of a good ability to distribute her pacing, in addition to the effects of long-term training on a hilly course.

## I. 緒言

トレイルランニング競技は、舗装されていない自然の路面を走る競技と定義される長距離・超長距離レースであり(日本トレイルランニング協会, 2011), 近年, その参加者が増加している(Hoffman and Wegelin, 2009). トレイルランニングのような超長距離走のパフォーマンスは, 日々の練習における運動時間, 運動強度に表されるトレーニング状況に影響を受けることが報告されている(Hoffman and Fogard, 2011; Knechtle et al., 2011b). 近年, マラソンのエリート選手を対象として, 特定のレースに向けたトレーニングの詳細が報告されている(Pugliese et al., 2014; Stellingwerff, 2012; Tjelta et al., 2014). 一方, 超長距離走を対象とした先行研究は, 月間走行距離やトレーニング中の平均走速度などの報告に限られている. また, トレイルランニングに関しては, 一般的な指導書が存在するが(鏑木, 2009), 実際のレースに向けたトレーニングの移り変わりについて詳細に報告したものは見当たらない. トレイルランニングにおいても, レース前におけるトレーニング状況の詳細を明らかにすることができれば, このような競技を目指す選手やその指導者に対して, トレーニング目標を定める際の参考資料になると考えられる.

レースに向けたトレーニング状況に加え, ペース戦略もトレイルランニングのパフォーマンスに大きな影響を与える(Hoffman, 2014). Hoffman (2014) は, 1985年から2013年に開催されたウエスタンステーツ・エンデュランスラン(161 kmトレイルランニングレース)24レースを対象としてペースの変動を検討した結果, ペースの変動係数と順位には有意な関係があり, 上位の選手ほどペースの変動係数が小さいことを明らかにした. この知見は, ロードを走るウルトラマラソン(Lambert et al., 2004)と同様に起伏のあるトレイルランニングにおいても, ペースの変動を小さくすることが優れたパフォーマンスを発揮するために重要なことを示唆している. また, 中村ほか(2015)は, 競技レベルが高い男性トレイルランナー1名を対象として, 51.4 kmおよび18 kmトレイルランニングレース中の心拍数の変移について検討している. その結果, レース中の心拍数がトレイルランニングレースでの最適なペースを選択するための有効な指標になることを示唆している.

今回, 著者らは, 国内で有数のトレイルランニングレースである ULTRA-TRAIL Mt. FUJI の Shizuoka to Yamanashi(76.7 km)の競技で女子総合優勝に至った女性トレイルランナーのレース前16週間にわたるトレーニング状況, レース中のペースおよび心拍数を定量した. そこで本研究は, レース前におけるトレーニング状況, レース中のペースおよび心拍数の変動を選手本人およびトレーニングコーチが検討し, レースの成功要因を提示することを目的とした.

## II. 方法

### 1. 報告事例の特徴

対象者は, 26歳の女性トレイルランナー(以下, 本選手)であった. 本選手は, 小学4年生から陸上競技をはじめ, 大学在学中まで陸上競技部長距離ブロックに所属していたが, 引退以降(2011年1月), 2014年2月までは習慣的にランニングを行うことはなかった. しかし, 2014年6月に開催された100 kmウルトラマラソンにエントリーしたのをきっかけにランニングのトレーニングを再開した. 本選手は, 普段の実施トレーニングメニューについて毎週あるいは隔週の頻度で Certified Strength & Conditioning Specialist (CSCS) の資格を有するトレーニングコーチに相談・報告していたが, 最終的なトレーニングメニューの決定は, その日のコンディションを考慮しながら自身で行っていた.

本選手のロード種目における自己記録は、ハーフマラソン 1 時間 27 分 05 秒(2015 年 2 月 22 日, 第 35 回ランニング桜島), マラソン 3 時間 26 分 08 秒(2014 年 11 月 2 日, 下関海響マラソン 2014), 100 km ウルトマラソン 9 時間 27 分 35 秒(2014 年 6 月 7 日, 第 24 回阿蘇カルデラスーパーマラソン)であった。また, 本選手にとって初めてのトレイルランニングレース(第 22 回日本山岳耐久レース, 2014 年 10 月 12 日開催, 距離:71.5 km, 累積標高差:4582 m)は, 10 時間 58 分 54 秒(女子総合:11 位, 女子レース完走者:216 名)で完走している。

本研究で報告する事例は, 2015 年 9 月 26 日に開催された Shizuoka to Yamanashi(以下, STY, 距離:76.7 km, 累積標高差:3828 m)に向けたレース 16 週間前からのトレーニング状況とレース中のペースおよび心拍数の変動についてである。STY は, 国内最高峰の 100 mile トレイルランニングレースである ULTRA-TRAIL Mt. FUJI(UTMF)と同時開催され, 2012 年 10 月 1 日から 2015 年 2 月 28 日までの間に開催されたエントリー資格レースに出場・完走し, 所定のポイントを獲得することで参加資格が得られるレースである。また, STY は, 超長時間の耐久力を試される UTMF よりもスピードが必要とされる 50 mile レースである。大会当日は, レース開始から完走に至るまで概ね曇りであったが, レース前における雨などの影響によりコースの一部がぬかるんでいた。また, スタート時点とゴール時点の気温は, それぞれ 24.0 °C, 17.3 °Cであった(気象庁の過去の気象データより)。

本選手は, STY を 10 時間 12 分 24 秒で完走し, これは女子総合 1 位(女子レース完走者:159 名, 女子レース完走率:83.7%)の成績であった。本選手は, STY に向けたトレーニング期間の目標としては, 超長時間を走りきれる脚筋力とペース配分能力の養成を掲げていた。また, レース前にトレーニングコーチと相談の上, 区間毎の目標到達時間を設定した上でレースに望んだ。

本研究では, 比較対象の事例として, レース中のペースおよび心拍数の変動については, 本選手が 2015 年 3 月 15 日に出場した IZU TRAIL Journey(以下, ITJ, 距離:72.5 km, 累積標高差:4408 m)のデータを用いた。本選手は, ITJ を 8 時間 43 分 52 秒で完走し, これは女子総合 2 位(女子レース完走者:156 名, 女子レース完走率:68.7%)の成績であった。なお, 女子総合 1 位の選手の完走時間は 8 時間 34 分 59 秒であった。表 1 には, 本選手が STY までに出場したトレイルランニングレースの成績を示した。

表 1 STY までに出場したトレイルランニングレースの成績

開催日	大会名	距離 (km)	累積標高差 (m)	完走時間 (時:分:秒)	平均ペース (分秒/km)	平均心拍数 (拍/分)	順位 /完走者
2014.10.12	日本山岳耐久レース	71.5	4582	10:58:54	9 分 13 秒	-	11/216
2015.03.15	IZU TRAIL Journey	72.5	4408	8:43:52	7 分 14 秒	164	2/156
2015.05.02	Otaki Village! Top of the trail runner 50k in Japan	38.4	2640	-	-	-	-
2015.05.17	赤城山 トレイルランニング	32	1510	3:59:19	7 分 29 秒	174	5/33
2015.06.28	スパトレイル	72.7	4610	8:27:59	6 分 59 秒	170	2/65
2015.09.13	三原・白滝湖トレイル ランレース	37	1600	4:17:00	6 分 57 秒	178	1/40
2015.09.26	Shizuoka to Yamanashi	76.7	3828	10:12:24	7 分 59 秒	166	1/159

・2014.10.12 に出場したレースは, 心拍数の測定を行わなかった。

・2015.05.02 に出場したレースは, 途中棄権であった。

## 2. 測定および評価項目

### (1) トレーニング評価

本選手が日常的に記録していたトレーニング日誌をもとに、走行距離ならびにトレーニング時間、Load(以下、負荷)、Monotony(以下、単調性)および Strain(以下、緊張度)を Foster (1998) が開発したセッション RPE 法を用いて算出した。この際、RPE は、Borg (1982) が開発した category scale (0~10 段階) を用いた。category scale は、0 : rest (何も感じない) - 10 : maximal (最大限) に表記されたもの (表 2) であり、日本ストレングス&コンディショニング協会 (Lee et al., 2011) により、日本語表示化されている。

表 2 category scale

数値	主観
0	Rest (何も感じない)
1	Very, very easy (かなり弱い)
2	Easy (弱い)
3	Moderate (中程度に弱い)
4	Somewhat Hard (やや強い)
5	Hard (強い)
6	
7	Very Hard (かなり強い)
8	
9	
10	Maximal (最大限)

Borg (1982) をもとに日本ストレングス&コンディショニング協会 (Lee et al. 2011) が日本語表示化したものを掲載

本選手は、毎日のトレーニング終了後、category scale をもとに RPE を評価し、同時にトレーニング時間(分)および具体的な練習内容を記録した。得られた数値から先行研究の方法 (Foster, 1998) に従い、負荷、単調性および緊張度を算出した。このうち、負荷はトレーニング時間×RPE で表すことができる。単調性は、1 週間の合計負荷から平均値を求め、それに 1 週間の標準偏差を除する (1 週間の平均負荷÷1 週間の負荷の標準偏差) ことで算出する。つまり、単調なトレーニングを実施した場合は、標準偏差が小さくなり、単調性が大きくなる。反対に、単調性が小さい場合は、めりはりのあるトレーニングができたことを意味する。緊張度は、1 週間の合計負荷×単調性で表すことができ、生体負担度の指標になるとされ、オーバートレーニングとの関連性が認められる (Foster, 1998)。トレーニング実施時にお

ける運動強度の配分を求めるために、先行研究の方法(Seiler and Kjerland, 2006)に従い、category scaleを3段階( $zone1 \leq 4$ ,  $4 < zone2 < 7$ ,  $zone3 \geq 7$ )に分類し、総トレーニング時間に対する各強度のトレーニング実施時間およびその割合を算出した。なお、zone1は低強度(血中乳酸濃度:2 mmol/L以下)、zone2は中強度(血中乳酸濃度:2-4 mmol/L)、zone3は高強度(血中乳酸濃度:4mmol/L以上)に相当することが報告されている(Seiler and Kjerland, 2006)。さらに、トレーニング日誌から週当たりにおけるロードとトレイルのトレーニング頻度および走行距離をそれぞれ求めた。

## (2)レース中のペース変動

レース中のペース変動は、先行研究(Hoffman, 2014)の方法を参考に算出した。すなわち、各レースの大会公式ホームページより得られた区間毎の到達時間をもとに、各区間の平均ペース(分:秒/km)、ペースの変動係数(各区間の平均ペースの標準偏差÷レース全体を通した平均ペース)を求めた。なお、STYは7区間(0-9.7 km, 9.7-21.8 km, 21.8-32.4 km, 32.4-43.6 km, 43.6-49.8 km, 49.8-64.8 km, 64.8-76.7 km)、ITJは5区間(0-9.1 km, 9.1-25.6 km, 25.6-44.2 km, 44.2-55.3 km, 55.3-72.5 km)の到達時間が得られた。分析は、各レースの上位10名を対象とした。STYについては、レース前に立てた区間毎の目標時間、実際の到達時間、休息时间および最終順位が2位の選手との差を示した。

## (3)レース中の心拍数

レース中の心拍数は、心拍計モニター(Ambit3Sport, Suunto 社製)によって記録されたデータを用いた。得られたデータをもとに、1時間毎の心拍数の平均値±標準偏差を算出した。また、STYのデータはレース12日後、ITJのデータはレース10日前に行った最大下漸増負荷試験の結果より得られた乳酸性作業閾値(LT)の心拍数の結果をもとに、%LT心拍数での結果も示した。最大下漸増負荷試験の測定プロトコールは以下に示すとおりである。

最大下漸増負荷試験は、傾斜2%に設定されたトレッドミル(FITNESS6310HR, SportsArt 社製)を用いて、ステージ毎に走速度を20 m/min 漸増する測定を5ステージ(各ステージの走行時間:4分、ステージ間休息时间:1分)行った。この際、開始走速度は、本選手の体力レベルを考慮し、最後のステージで血中乳酸濃度が4 mmol/Lを超えるよう、160 m/minとした。測定項目は、心拍数と血中乳酸濃度とした。心拍数の測定には、前述の機器を用い、各ステージにおける最後の1分間の平均値を代表値とした。血中乳酸濃度の測定には、血中乳酸分析装置(ラクテート・プロ 2LT01730, アークレイ株式会社製)を用いて、各ステージの走行終了直後に指尖から血液を微量採取することによって測定した。LTの分析には、乳酸値解析ソフトウェア(MEQNET™LT MANAGER, アークレイ株式会社製)を用いた。最大下漸増負荷試験における走速度と血中乳酸濃度の関係から1点法を用い、自動的に算出された屈曲点の走速度をLTとし、その時の走速度と心拍数を求めた。

## III. 結果

### 1. トレーニング状況

表3は、STY16週間前からのトレーニング状況を週当たりの平均値±標準偏差で示したものである。

トレーニング時間は, 497 ± 266 分であった. また, 各強度のトレーニング実施時間(割合)は, 低強度が234 ± 185分(54.0 ± 35.0%), 中強度が103 ± 269分(18.4 ± 30.1%), 高強度が161 ± 199分(27.5 ± 33.0%)であった. 負荷は, 2744 ± 1945 AU(Arbitrary Unit:任意単位), 単調性は, 0.8 ± 0.3 AU, 緊張度は, 1777 ± 1016 AUであった. トレーニング頻度(走行距離)は, ロードが 3.5 ± 1.5 回(34.1 ± 24.7 km), トレイルが 0.9 ± 0.9 回(26.5 ± 29.8 km)であった.

表 3 STY16 週間前から前日までのトレーニング状況

評価項目	単位	平均値 ± 標準偏差	最小値-最大値
トレーニング時間	分	497 ± 266	203 - 1165
負荷	AU	2744 ± 1945	725 - 6311
単調性	AU	0.8 ± 0.3	0.4 - 1.3
緊張度	AU	1777 ± 1016	321 - 4093
頻度 (ロード)	回	3.5 ± 1.5	1 - 7
頻度 (トレイル)	回	0.9 ± 0.9	0 - 2
走行距離 (ロード)	km	34.1 ± 24.7	4 - 112
走行距離 (トレイル)	km	26.5 ± 29.8	0 - 100
低強度	分	234 ± 185	0 - 570
中強度	分	103 ± 269	0 - 1125
高強度	分	161 ± 199	0 - 575
低強度	%	54.0 ± 35.0	0 - 100
中強度	%	18.4 ± 30.1	0 - 96.6
高強度	%	27.5 ± 33.0	0 - 90.1

数値は, 週当たりの平均値±標準偏差, 最小値-最大値で示した.

AU = Arbitrary Unit (任意単位)

図 1 には, 週当たりの負荷, 単調性および緊張度の変移を示した. 週当たりの負荷および緊張度は, 12 週に最高値(負荷: 6311 AU, 緊張度: 4093 AU)を示した一方, レース直前の 16 週目には, それぞれ 827 AU, 983 AU まで低下していた. 表 4 および表 5 には, 鍛錬期(12 週)とテーパリング期に相当する 15-16 週のトレーニングに内容をそれぞれ示した.

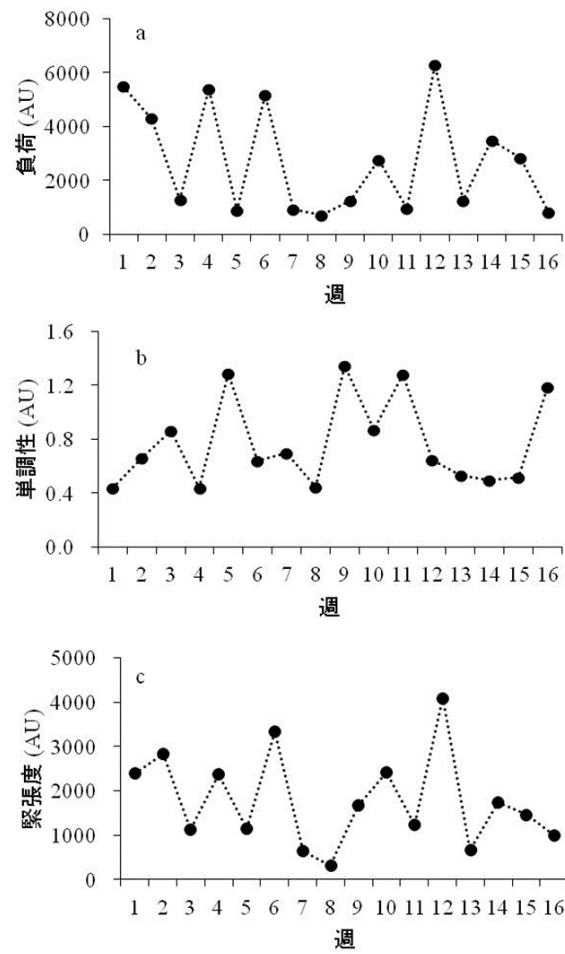


図1 各週の負荷 (a), 単調性 (b) および緊張度 (c) の変移  
AU = Arbitrary Unit (任意単位)

表4 鍛錬期(12週)における1週間のトレーニング内容

月日	トレーニング 内容	距離 (km)	トレーニング時間 (分)	RPE
8月22日	トレイルラン	52	570	5
8月23日	トレイルラン	48	555	6
8月24日				
8月25日	ロード jog	3	13	4
8月26日	ロード jog	4.8	27	1
	ロード jog	3	13	4
8月27日				
8月28日				



表 5 テーパリング期(15-16 週)における 2 週間のトレーニング内容

月日	トレーニング	距離	トレーニング時間	RPE
9月12日	レースの試走	5	70	3
9月13日	トレイルレース	37	257	9
9月14日				
9月15日				
9月16日	ロード jog	3.1	20	1
9月17日	ロード jog	10	56	3
9月18日	トレッドミル	6	40	3
9月19日				
9月20日	ロード持続走	16	95	3
9月21日	ロードビルドアップ走	7.6	40	5
9月22日	ロード jog	5.7	43	2
9月23日				
9月24日	ロード jog+WS	6.8	36	5
9月25日	ロード jog+WS	7.1	38	2

WS = ウインドスプリント  
(50-200 m の距離をレースペースやそれ以上のスピードで疾走するトレーニング)

## 2. レース中のペース変動

図 2 には, STY, ITJ における区間毎の平均ペースの変化を示した. STY は, レース中盤(区間 1-3)までは 2-3 位の選手とほぼ同等のペースで推移し, レース終盤(区間 5-7)でのペースが他の選手と比べて速かった. 一方, ITJ は, レース序盤(区間 1-2)のペースが他の選手と比べて速く, レース中盤から終盤(区間 3-5)のペースが 1 位の選手に比べて遅かった. STY におけるペースの変動係数は, 2-10 位の選手における平均値が 22.2%(範囲:17.4-28.5%)だったのに対し, 本選手は 15.9%と最も低かった. 一方, ITJ におけるペースの変動係数は, 本選手を除いた 9 名の平均値が 15.2%(範囲:11.7-18.6%)であったのに対し, 本選手は 17.1%と 10 人中 3 番目に高かった.

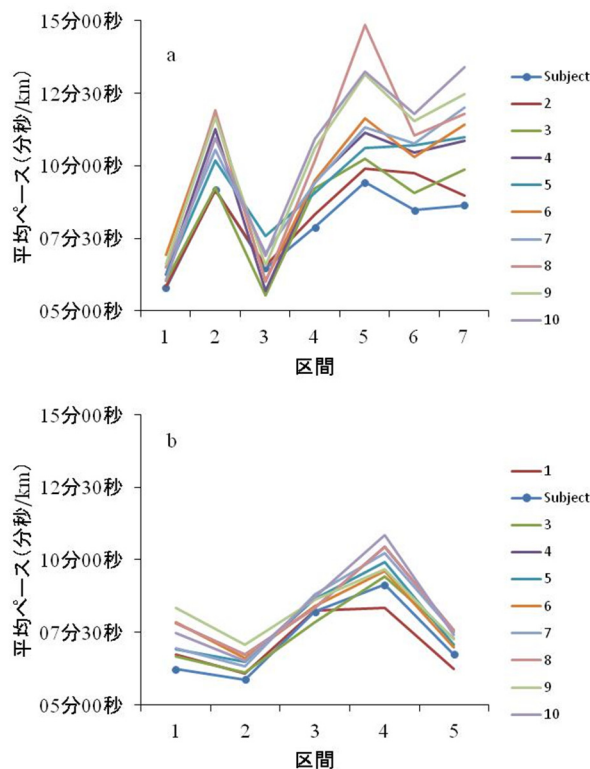


図2 STY (a) および ITJ (b) における平均ペースの変動  
Subject = 本選手, 数字はその他の選手の順位を示す.

表6には, STYにおける区間毎の目標時間, 実際の到達時間, 休息时间および最終順位が2位の選手との差を示した. 大会前の降雨による脆弱な登山道への悪影響を回避することを目的として, 大会側がコースを一部変更したため, 32.4 km以降の累積距離が予定距離と異なった. 本選手は, レース開始から中盤までは, 2位の選手とほぼ同等で通過していた. 一方, レース中盤から終盤では, 2位の選手との差を区間毎に広げていた.

表6 STYにおける区間毎の目標時間, 到達時間, 休息时间および2位との差

	0	1	2	3	4	5	6	7
地点	富士山 こどもの国	富士山 資料館	太郎坊	すばしり	山中湖 きらら	二十曲 峠	富士 小学校	河口湖 八木崎公園
標高 (m)	906	888	1417	817	984	1152	708	837
予定距離(km)	0	9.7	21.8	32.4	47.4	53.6	68.6	80.5
累積距離 (km)	0	9.7	21.8	32.4	43.6	49.8	64.8	76.7
目標時間 (時:分:秒)	0:00:00	1:15:00	2:50:00	3:40:00	6:10:00	7:00:00	10:00:00	11:20:00
到達時間(時:分:秒)	0:00:00	0:56:11	2:47:20	3:55:59	5:24:14	6:22:42	8:29:37	10:12:24
休息时间(時:分:秒)	-	0:00:13	0:02:15	0:01:58	0:07:10	-	0:04:19	-
2位との差(min)	0	0	0	1	5	8	28	31

予定距離と累積距離が異なるのは, 大会当日にコースの一部が変更になったためである.

### 3. レース中の心拍数

図3には、STYとITJのレース中の心拍数の変移を示した。なお、STYにおいては、レース開始から9時間55分経過時点でGPS時計の電池が切れたため、それまでの数値で示した。レース全体の心拍数は、STYが166 ± 11 拍/分、ITJが164 ± 16 拍/分であった。レース開始から中盤の心拍数は、STYが170-180 拍/分に変移していたのに対し、ITJではレース序盤に180 拍/分以上の心拍数で変移していた。一方、レース中盤以降の心拍数は、ITJで大きく低下し、7-8時間にかけては、145 拍/分を下回った。

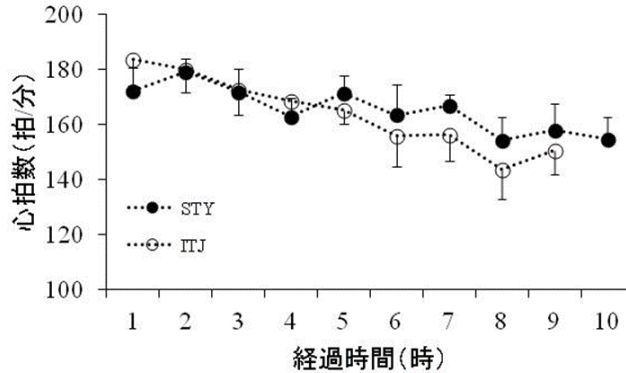


図3 STYおよびITJにおける1時間毎の心拍数

- ・ STYの10時間時のデータは、9時間-9時間55分までを示す。
- ・ ITJの9時間時のデータは、8時間-8時間43分までを示す。

ITJの10日前に行った最大下漸増負荷試験の結果、LTの心拍数は、162 拍/分であり、その時の走速度が205 m/minであった。STYの12日後に行った漸増負荷試験の結果、LTの心拍数は、162 拍/分であり、その時の走速度が199 m/minであった。図4には、レース中の心拍数の変移について、%LTで表わした。レース全体の心拍数は、STYで102 ± 7%LT心拍数、ITJで101 ± 10%LT心拍数であった。STYでは、レース中盤以降でも95%LT心拍数以上を保っていたのに対し、ITJでは、90%LT心拍数以下まで低下した。

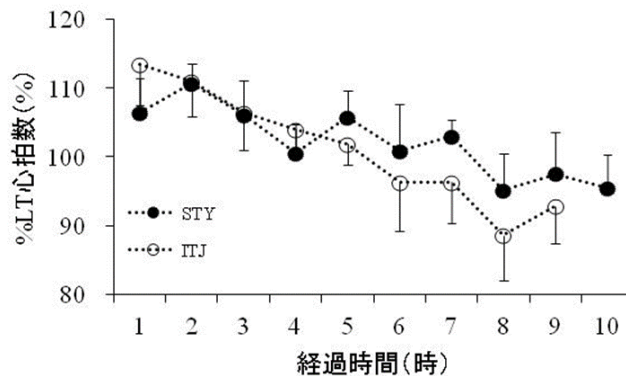


図4 STYおよびITJにおける1時間毎の%LT心拍数

- ・ STYの10時間時のデータは、9時間-9時間55分までを示す。
- ・ ITJの9時間時のデータは、8時間-8時間43分までを示す。

#### IV. 考察

本研究は、76.7 kmトレイルランニングレースで女子総合優勝を果たしたトレイルランナーのレース 16 週間前からのトレーニング状況、レース中のペースおよび心拍数の変動を基にレースの成功要因を提示した。

##### 1. トレーニング状況について

本選手の STY16 週間前からの週当たりの負荷は、 $2744 \pm 1945$  AU であった。セッション RPE 法による負荷の定量においては、運動強度を主観によって評価するという点で解釈に限界があるが、心拍数をもとに定量されたトレーニング負荷と有意な正の相関関係が認められること (Borresen and Lambert, 2008)、セッション RPE 法によるトレーニング強度の配分と心拍数や血中乳酸濃度を基に定量されたトレーニング強度の配分との間に有意な差がないこと (Seiler and Kjerland, 2006) が報告されている。Foster (1998) は、エリート持久性選手では負荷が週当たり 4000 AU 程度になると報告している。また、Stellingwerff (2012) は、世界レベルの男性マラソンランナーがマラソンの自己記録を約 5 分 (2 時間 16 分 53 秒から 2 時間 11 分 23 秒) 更新したレースの 16 週間前からの負荷は  $3082 \pm 646$  AU であったことを認めている。それに対し、高山・佐久間 (2015) は、マラソンを 2 時間 55 分 34 秒で完走した男性市民ランナーのレース 9 週間前からの負荷は  $1033 \pm 566$  AU であったことを報告している。以上の先行研究の知見を踏まえると、本選手は、エリートレベルのマラソン選手や持久性選手と比べるとやや低いが、マラソン 3 時間程度の男性市民ランナーよりは高い負荷でトレーニングをしていたと言える。

本選手における週当たりの走行距離は、ロードで  $34.1 \pm 24.7$  km、トレイルで  $26.5 \pm 29.8$  km であり、これらを加算した上で月当たりにも直しても 250 km 程度にしか相当しない。ウエスタンステーツ・エ ندデュランスラン出場者を対象とした先行研究では、月間走行距離が約 400 km であること (Kupchark et al., 2014 : Stuempfle and Hoffman, 2015) を踏まえると、本選手のトレーニング量は相当少ない。一方、トレーニング実施時の強度は、約 5 割の時間が中強度以上 (RPE5 以上) であった。典型的なエリート持久性選手のトレーニングは、その 7 割程度が低強度で構成されていること (Esteve-Lanao et al., 2005 : Seiler and Kjerland, 2006 : Stellingwerff, 2012) を踏まえると、本選手は、どちらかと言えば量よりも強度を高めることによって負荷をかけていた。

トレーニングによる負荷は、量負荷と強度負荷によって構成されるが、週当たりのトレーニング時間を大幅に増やすことはプロとして独立している選手以外は困難である。実際、世界レベルのケニア人ランナー 20 名 (男性 13 名 : 10 km 自己記録 = 28 分 36 秒  $\pm$  18 秒, 女性 7 名 : 10 km 自己記録 = 32 分 32 秒  $\pm$  65 秒) をトレーニング実施時の強度別に高強度群と低強度群に分類した研究によると、男性では高強度群が 6 名、低強度群が 7 名とほぼ同等の割合になったのに対し、女性では高強度群が 6 名、低強度が 1 名となり、ほとんどが高強度群に分類されている (Billat et al., 2003)。そして、この理由が女性は競技と家事を両立していることにより、男性よりもトレーニング量が少なくなることと起因するとされている。本選手もプロ選手ではなく、平日は仕事をしながら、その前後にトレーニングを行う市民ランナーである。したがって、本選手はトレーニング量の不足を補うために、強度を高め、トレーニング負荷をかけていた。

超長距離走のパフォーマンスは、ある期間、例えば週当たりの合計のトレーニング負荷の他にも、1

回のトレーニングにおける負荷の高さも重要な要素である(Knechtle et al., 2011a). Knechtle et al. (2011a) は、ロードの超長距離走の代表的な種目である24時間走に出場した63名を対象に、身体組成やトレーニング状況、マラソンの自己記録から24時間走の記録に影響を及ぼす因子について重回帰分析を用い検討している。その結果、トレーニング状況においては、週当たりの走行距離よりも1回のトレーニングで走った最長距離が24時間走の記録に強い影響を与えていることを認めている。本選手は、1週目にトレーニングの一環として100kmウルトラマラソンレースに出場し(9時間35分25秒で完走)、超長時間にわたって身体に高い負荷をかけていた。また、表2に示したとおり、鍛錬期の週末には連続して50km前後のトレイルランニングで高い負荷をかけていた。一方、鍛錬期であっても平日のトレーニングは量負荷および強度負荷ともに低いものであったと同時に、週に3日はランニングをしていなかった。また、16週間をとおしても週当たりのトレーニング頻度がロードとトレイルを合わせても4.4回(ロード:3.5 ± 1.5回,トレイル0.9 ± 0.9回)にしかならないことから、平均して週に2日以上はランニングをしていなかった計算になる。その結果、単調性も先行研究(Foster et al., 1996:鈴木ら, 2004)に比べ低く、めりりのあるトレーニングを行っていたと言える。さらに、図1から分かるとおり、高い負荷がかかった週の前後の週においては、週当たりの負荷および緊張度が低いことから、調整や回復を図っていた。

以上、本事例に鑑みると、10時間前後の運動時間を要するトレイルランニングにおいては、1回のトレーニングで超長時間にわたりランニングをするなど、レースに近いトレーニングをするとともに、その前後でのトレーニング負荷を軽減させ、オーバートレーニングや傷害発生を防ぐ工夫が重要であると言える。

## 2. レースに向けたテーパリングについて

鍛錬期において高い負荷を身体に課すという要素とは別に、レース直前においては、テーパリングの成功の可否がパフォーマンスに大きな影響を及ぼす(Mujika and Pedilla, 2003)。テーパリングとは、レースに向けて生理学的・心理学的なストレスを減少させるためにトレーニング負荷を低下させ、その結果として運動パフォーマンスを高めることを狙った戦略のことである(Mujika and Padilla, 2003)。Mujika and Pedilla (2003) は、テーパリングに関して、レースに向けてトレーニング強度を維持しながらトレーニング量を減らすことを推奨している。

トレイルランニングでは、レース中には下肢筋群に対して高い負荷がかかり、筋損傷が発生することが報告されている(許斐ほか, 2004: Nieman et al., 2005)。そして、これは運動強度が高くなるエリート選手ほど著しい可能性がある。実際、山本(2004)は、日本山岳耐久レースの出場者を対象としてレース後にアンケート調査を実施した後、完走時間別に3群に分類したところ、パフォーマンスが高い上位群では大腿前部の筋痛の発生率が81%と他の群より高値であることを報告した。そして山本(2004)は、このような結果に基づき、パフォーマンスが高い上位群は常に走っているために、筋に著しい負荷をかけていた可能性を示唆している。筋損傷状態ではランニング時の生理応答に悪影響を及ぼす(Black et al., 2015: Chen et al., 2007)と同時に、主観的運動強度を高め、パフォーマンスを低下させることが明らかとなっている(Marcora and Bosio, 2007)。これらのことを踏まえると、レース前に筋痛などの筋損傷症状から十分に回復し、レース当日を迎えることが重要であると考えられる。十分に鍛錬され

たトレイルランナーにおいても、15 km 程度のトレイルランニングを行うと、数日間は筋損傷の指標である血漿クレアチンキナーゼ活性値および主観的筋痛の増加、ジャンプの跳躍高の低下が起こることが分かっており (Easthope et al., 2014)、レース直前の過剰なトレーニングはパフォーマンスを低下させる可能性がある。本選手のテーパリング期 (15-16 週) のトレーニング内容を示したが (表 3)、レース約 2 週間前にトレーニングの一環として出場した 37 km トレイルランニングレース後のトレーニング負荷は、量的側面からみて著しく低くなり、6 日前に 16 km のロード持続走を行った以外は 1 回当たり 60 分未満のトレーニングしか行っていない。その結果、週当たりの負荷および緊張度は、鍛錬期 (12 週) に比べ半分以下に低下していた。

なお、STY の約 2 週間前に出場した 37 km トレイルランニングレースは筋損傷抑制効果 (McHugh et al., 1999) を獲得することを狙ったものである。前述したとおり、筋損傷はランニングのパフォーマンスを低下させる要因となる。ただし、筋損傷は事前に筋損傷を引き起こす負荷を与えることで抑制効果を得られることが分かっており (Burt et al., 2013; Maeo et al., 2015)、その後のランニングパフォーマンスの低下も防げることが認められている (Burt et al., 2015)。本選手は、STY をメインレースと位置付け、そこで高いパフォーマンスを発揮するために、戦略的に STY の 2 週間前に距離が短いトレイルランニングレースの出場を決めていた。これは、トレーニングコーチがレース出場による難点・利点を以下の 2 点考えた結果である。1) 超長時間 (6 時間以上) のレースの場合、レース後のコンディション低下の可能性が高くなる、2) 筋損傷は運動強度に影響を受ける (Paschalis et al., 2005) ため、STY よりも短時間であっても強度を高く保てば、STY に向けた筋損傷抑制効果が得られる。実際、表 1 に示したとおり、37 km トレイルランニングレースの平均ペースおよび平均心拍数は STY よりも高値を示していたことから、高い運動強度で走行していた。

以上を踏まえると、本選手は、レースの 2 週間前にコンディションを低下させない範囲で筋損傷抑制効果を獲得するために高い負荷を課した後、量負荷を低下させることで心身への負担を減少させ、STY に望んでいたと言える。そして著者らは、そのことに加え、STY に向けた 16 週間の期間で 1 週間に約 1 回の頻度で行っていたトレイルでのトレーニングが、超長時間を走りきれる脚筋力の養成に繋がりを、STY での高いパフォーマンス発揮に貢献したと考えている。

### 3. レース中のペースおよび心拍数の変動

超長距離走におけるペースは、経験によって上達することが示唆されている。Knechtle et al. (2015) は、100 km ウルトラマラソンレースにおける走速度の変動を年齢別に検討し、18-24 歳の選手におけるレース終盤の走速度の低下率が他の年齢層に比べ著しかったことを認めている。そして彼らは、この結果に基づき、超長距離走の経験の低さがペースに影響を及ぼしたと推察している。起伏があるコースを走り抜くトレイルランニングでは、ロード以上に生理学的にイーブンペースで走行するのは難しいと考えられる。本選手は、ITJ 前には、トレイルランニングレース出場経験が 1 回のみであった。一方、STY 前には、ITJ を含めて、6 回のレース出場経験を積んでいた。さらに、レース 16 週間前からは、約 1 回/週の頻度でトレイルでのトレーニングを行っていた。実際、本選手は STY に向けたトレーニングでは、「オーバーペースで走行せず、最後まで走りきるためのペースはどれぐらいなのか」という事を意識していた。

STY において本選手は、トレーニングコーチとも相談の上、事前に目標時間を設定していた(表 6)。なお、トレーニングコーチは、STY に向けたペース戦略に関して、これまでの出場レースよりも相対的に前半の強度が低くなることを意図していた。これは、本選手の能力や過去のレース展開(後半に比べ前半のペースが速くなる)、に加え、前述したウエスタンステーツ・エンデュランスラン(161 km トレイルランニングレース)24 レースを対象とした Hoffman (2014) の研究において、1 位の選手と 2 位の選手の区間毎の走速度は、後半にのみ有意な差が認められることを踏まえ、前半を抑え目で行っても十分に勝機があると考えたからである。本選手は、設定した目標時間をあくまでも参考程度に受け止め、レース中盤以降は主観を基に、行けると思った時点でペースを上げるようにしていた。実際、STY ではレース中盤までのペースが 2 位の選手とほぼ同等で終盤に他の選手に比べ速くなり、差を広げていた。それに対し、ITJ ではレース序盤のペースが他の選手に比べ速かったが終盤に低下し、最終順位も 2 位となった。心拍数からみても、STY ではレース終盤まで高い心拍数を保っていたのに比べ、ITJ ではレース終盤の心拍数が著しく低下した。106 km トレイルランニングレースにおいて、コース上に立ち止まった時間が短いランナーのレース成績は優れることが報告されている(Kerhervé et al., 2015)。本選手は、レースを通して各地点のチェックポイント以外に立ち止まることがなかった。これらの事実は、本選手が STY において事前に定めたペース戦略に近いレースが展開できていたことを示している。

以上を踏まえ、我々はレースやトレーニングの経験に加え、事前にペース戦略を立てたことが STY における優れたペース配分に貢献したと考えている。

## V. 現場への示唆と今後の課題

本研究は、レース前におけるトレーニング状況、レース中のペースおよび心拍数の変動を検討し、レースの成功要因を提示した。これまで述べてきたことを踏まえ、本選手が STY で優勝に至った背景を概念図で示した(図 5)。トレイルランニングレースで成功を収めるには、日々のトレーニング、テーパリングに代表されるレース前のコンディショニング(ピーキング)およびレース戦略が重要なことは想像に容易である。そして、この要素は、どれか一つでも欠けると歯車が狂い、優れたパフォーマンスの発揮が困難となる。本選手においては、この要素のそれぞれが上手くいった結果、レースで総合優勝に至った。



図5 本選手が優勝に至った背景(概念図)

そして、本選手においては、従来から超長距離走で重要視されているトレーニング量(週当たりのトレーニング時間, 月間走行距離)を増やすのではなく, 1回に長い時間を走ることや, 2週間前に筋損傷抑制効果を得るためのレース出場など, 特徴的なトレーニング戦略をとった。また, 過去のレースやトレーニング経験に加え, 事前にレース終盤まで走りきれぬペース戦略を立てた上でレースに出場し, ペース戦略どおりの走りが実践できた。本研究は, あくまでも1名の女性トレイルランナーの成功事例を検討したものであり, 得られた結果を普遍化することは困難である。しかし, 超長時間を走ることを意識した本事例のアプローチは, トレイルランニングに取り組むランナーにとって有益な戦略となり得ると考えられる。

最後に今後の課題について述べる。最大下漸増負荷試験の結果から明らかなどおり, 本選手のSTYにおけるLTは, ITJに比べて高くない。したがって, STYに向けたトレーニングは, 有酸素性能力を高めるようなものではなかったと言える。これは, 本選手が足に負担をかかえており, インターバルトレーニングのようなスピード練習の実施を控えていたことも影響している。本選手は, 10時間以上を要する競技でも心拍数からみればLTと同等レベルのペースで走行していることを踏まえると, さらなる記録向上を目指すには有酸素性能力の向上が必要不可欠である。したがって, 今後は, このような競技レベルの高いトレイルランナーを対象として, 有酸素性能力を高めるトレーニング方法を検討していかなければならない。さらに, 本研究では, 栄養摂取状況を定量していない。超長時間のトレイルランニングにおける栄養摂取はペース戦略およびパフォーマンスにも関係する重要な要素と考えられるため, 今



後は、レース前やレース中の栄養摂取状況も定量した上で検討していく必要もある。

#### 文献一覧

- Billat V, Lepretre PM, Heugas AM, Laurence MH, Salim D, Koralsztein JP. (2003) Training and bioenergetic characteristics in elite male and female Kenyan runners. *Med Sci Sports Exerc.* 35: 297-304.
- Black CD, Gonglach AR, Hight RE, Renfroe JB. (2015) Time-course of recovery of peak oxygen uptake after exercise-induced muscle damage. *Respir Physiol Neurobiol.* 216: 70-77.
- Borg GAV. (1982) Physiological bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 14: 377-381.
- Borresen J, Lambert MI. (2008) Quantifying training load: a comparison of subjective and objective methods. *Int J Sports Physiol Perform.* 3: 16-30.
- Burt D, Lamb K, Nicholas C, Twist C. (2013) Effects of repeated bouts of squatting exercise on sub-maximal endurance running performance. *Eur J Appl Physiol.* 113: 285-293.
- Burt D, Lamb K, Nicholas C, Twist C. (2015) Lower-volume muscle-damaging exercise protects against high-volume muscle-damaging exercise and the detrimental effects on endurance performance. 115: 1523-1532.
- Chen TC, Nosaka K, Tu JH. (2007) Changes in running economy following downhill running. *J Sports Sci.* 25: 55-63.
- Easthope CS, Nosaka K, Caillaud C, Vercruyssen F, Louis J, Brisswalter J. (2014) Reproducibility of performance and fatigue in trail running. *J Sci Med Sport.* 17: 207-211.
- Esteve-Lanao J, San Juan AF, Earnest CP, Foster C, Lucia A. (2005) How do endurance runners actually train? Relationship with competition performance. *Med Sci Sports Exerc.* 37: 496-504.
- Foster C. (1998) Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Med Sci Sports Exerc.* 30: 1164-1168.
- Foster C, Daines E, Hector L, Snyder AC, Welsh R. (1996) Athletic performance in relation to training load. *Wis Med J.* 95: 370-374.
- Hoffman MD. (2014) Pacing by winners of a 161-km mountain ultramarathon. *Int J Sports Physiol Perform.* 9: 1054-1056.
- Hoffman MD, Fogard K. (2011) Factors related to successful completion of a 161-km ultramarathon. *Int J Sports Physiol Perform.* 6: 25-37.
- Hoffman MD, Wegelin JA. (2009) The western states 100-mile endurance run: participation and performance trends. *Med Sci Sports Exerc.* 41: 2191-2198.

- ・ 鏑木毅 (2009) トレイルランニング. 第1版. 榊出版社.
- ・ Kerhervé HA, Millet GY, Solomon C. (2015) The dynamics of speed selection and psycho-physiological load during a mountain ultramarathon. *PloS one*. 10: e145482.
- ・ Knechtle B, Knechtle P, Rosemann T, Lepers R. (2011a) Personal best marathon time and longest training run, not anthropometry, predict performance in recreational 24-hour ultrarunners. *J Strength Cond Res*. 25: 2212-2218.
- ・ Knechtle B, Knechtle P, Rosemann T, Senn O. (2011b) What is associated with race performance in male 100-km ultra-marathoners-anthropometry, training or marathon best time?. *J Sports Sci*. 29: 571-577.
- ・ Knechtle B, Rosemann T, Zingg MA, Stiefel M, Rüst CA. (2015) Pacing strategy in male elite and age group 100 km ultra-marathoners. *Open Access J Sports Med*. 6: 71-80.
- ・ 許斐真由子, 中原玲緒奈, 山本正嘉, 神尾重則 (2004) 24 時間山岳耐久レースにおける生理的負担度と疲労に関する研究—参加者へのガイドライン作成の試み—. *登山医学*. 24: 51-59.
- ・ Kupchark BR, Kraemer WJ, Hoffman MD, Phinney SD, Volek JS. (2014) The impact of an ultramarathon on hormonal and biochemical parameters in men. *Wilderness Environ Med*. 25: 278-288.
- ・ Lambert MI, Dugas JP, Kirkman MC, Mokone GG, Waldeck MR. (2004) Changes in running speeds in a 100km ultra-marathon race. *J Sports Sci Med*. 3: 167-173.
- ・ Lee W, Aaron C, Jon B, Narelle S, Katie S. : 日本ストレング&コンディショニング協会訳 (2011) セッション RPE 法を用いた水泳選手のトレーニング負荷のモニター. *Strength & Conditioning Journal*. 18: 43-47.
- ・ Maeo S, Ochi Y, Yamamoto M, Kanehisa H, Nosaka K. (2015) Effect of a prior bout of preconditioning exercise on muscle damage from downhill walking. *Appl Physiol Nutr Metab*. 40: 274-279.
- ・ Marcora SM, Bosio M. (2007) Effect of exercise-induced muscle damage on endurance running performance in humans. *Scand J Med Sci Sports*. 17: 662-671.
- ・ McHugh MP, Connolly DA, Eston RG, Gleim GW. (1999) Exercise-induced muscle damage and potential mechanisms for the repeated bout effect. *Sport Med*. 27: 157-170.
- ・ Mujika I, Padilla S. (2003) Scientific bases for precompetition tapering strategies. *Med Sci Sports Exerc*. 35: 1182-1187.
- ・ 中村和照, 半田佑之介, 鍋倉賢治 (2015) トレイルランニングレースにおける心拍数の推移について. *ランニング学研究*. 27: 78-79.
- ・ Nieman DC, Dumke CL, Henson DA, McAnulty SR, Gross SJ, Lind RH. (2005) Muscle damage is linked to cytokine changes following a 160-km race. *Brain Behav Immun*. 19: 398-403.

- ・ 日本トレイルランニング協会 (2011) トレイルランニングとは? .  
<http://www.trail-japan.com/about/>, (参照日 2015 年 10 月 28 日)
- ・ Paschalis V, Koutedakis Y, Jamurtas AZ, Mougios V, Baltzopoulos V. (2005) Equal volumes of high and low intensity of eccentric exercise in relation to muscle damage and performance. *J Strength Cond Res.* 19: 184-188.
- ・ Pugliese L, Serpiello FR, Millet GP, Torre AL. (2014) Training diaries during altitude training camp in two Olympic Champions: an observational case study. *J Sports Sci Med.* 13: 666-672.
- ・ Seiler KS, Kjerland GØ. (2006) Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an “optimal” distribution?. *Scand J Med Sci Sports.* 16: 49-56.
- ・ Stellingwerff T. (2012) Case study : Nutrition and training periodization in three elite marathon runners. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 22: 392-400.
- ・ Steuempfle KJ, Hoffman MD. (2015) Gastrointestinal distress is common during a 161-km ultramarathon. *J Sports Sci.* 33: 1814-1821.
- ・ 鈴木省三, 佐藤佑, 高橋弥彌 (2004) Monotony やパフォーマンス数理モデルを用いたボート選手のトレーニング評価. *疲労の科学.* 19: 75-83.
- ・ 高山史徳, 佐久間広貴 (2015) 市民ランナーにおけるマラソンレース前のトレーニング評価—セッション RPE 法を用いた検討—. *スポーツパフォーマンス研究.* 7: 135-146.
- ・ Tjelta L, Tønnessen E, Enoksen E. (2014) A case study of the training of nine times new york marathon winner Grate Waitz. *International Journal of Sports Science & Coaching.* 9: 139-158.
- ・ 山本正嘉 (2004) 第 12 回日本山岳耐久レース参加者へのアンケート調査—安全性およびパフォーマンス向上のために—. 2004 年第 12 回日本山岳耐久レース報告書. 80-85.

**【備考】** 用語等の説明

トレイルランニング競技: 舗装されていない自然の路面を走る競技と定義される長距離・超長距離走である。

超長距離走: マラソン(42.195 km)を超える, もしくは 6 時間以上の時間を要するランニング種目のことを言い, トレイルランニングに加えロードのウルトラマラソン(100 km レースなど)を含む。