

24 時間走ウルトラマラソンのペース特性

高山史徳¹⁾、山地啓司²⁾

¹⁾鹿屋体育大学大学院、²⁾立正大学

キーワード: ウルトラマラソン、24 時間走、ペース特性

【要 約】

本研究は日本国内で開催された 24 時間走ウルトラマラソンにおけるペース特性を検討することを目的とした。対象レースは 2013 年に開催された第 8 回神宮外苑 24 時間チャレンジ大会男子の部であり、参加者数 90 名のうち、国内標準 D ランク(200km)以上の成績を残した 23 名をパフォーマンス別に上位グループ、下位グループの 2 グループに区分し、分析・比較を行った。また、国内最高記録を更新した優勝者(269.225km)のみ単独の結果も分析した。分析項目は、平均速度、1 時間毎の速度、ペース変動係数とした。分析の結果、上位グループは下位グループと比べ、ペース変動係数が有意に低かった。また、下位グループは上位グループに比べ、レース中盤以降の速度が有意に遅かった。さらに、優勝者のペース変動係数はパフォーマンスが高い上位グループの中でも突出して低い値であり、いずれの時間においても一定の走速度を維持していた。以上の結果より、24 時間走ウルトラマラソンにおいてパフォーマンスが高いグループは、レース終盤に至るまで一定のペースで走行していることが明らかとなった。

スポーツパフォーマンス研究, 6, 134-142, 2014 年, 受付日:2014 年 2 月 19 日, 受理日:2014 年 7 月 23 日
責任著者:高山史徳 〒891-2393 鹿屋市白水町 1 鹿屋体育大学大学院 m136009@sky.nifs-k.ac.jp

Pace characteristics in a 24-hour men's ultra-marathon

Fuminori Takayama¹⁾, Keiji Yamaji²⁾

¹⁾ Graduate School, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

²⁾ Rissho University

Key Words: ultra-marathon, 24 hour run, pace characteristics

[Abstract]

The present study aimed at examining characteristics of the runners' pace in a

24-hour ultra-marathon held in Japan. The race chosen for study was the men's part of the 8th Jingu Gaien 24-hour challenge race held in 2013. Out of 90 participants, 23 runners whose results were higher than the Japanese standard D rank (200 km) were divided into an upper group and a lower group based on their performance, and their data were analyzed and compared. At the same time, the results of the winner who established a new Japanese record (269.225 km) was also analyzed. The items analyzed were average speed, speed per hour, and the pace variation coefficient. Compared with the lower group, the pace variation coefficient of the upper group was significantly lower. Also, the speed of the runners in the lower group after the middle stage of the race was significantly lower than that of those in the upper group. Furthermore, the winner showed an outstandingly low pace variation coefficient, even compared to the upper group which had high performance, and he continued running at a constant speed throughout the race. These results suggest that in a 24-hour ultra-marathon, high performance runners maintain a constant running pace until the end of the race.

I. 緒言

近年、ランニングに取り組む人が増加している。これは、東京マラソンを始めとした大都市型市民マラソン大会が 2007 年以降、数多く開催されるようになったことによると思われる。ランナーの増加に伴い、開催される大会も多様化し、近年ではウルトラマラソン(42.195km を超える距離を要する競技)にも関心が集まっている。国内で最も知名度が高いと思われるサロマ湖 100km ウルトラマラソンにおいては、近頃は 3550 人の定員がわずか数日で締切りとなるほどの盛況ぶりである。

ウルトラマラソンには距離走と時間走があり、前者は 100km ウルトラマラソン、後者は 24 時間走が国際的に代表的な種目である。いずれも国際ウルトラランナーズ協会 (IAU) 公認の世界大会が開催されている。100km ウルトラマラソンの世界記録は男女ともに日本人選手が有していること、また 2010 年開催の 24 時間走世界選手権の男子において個人、団体ともに日本が優勝していることから、世界のウルトラマラソン界において、我が国は比較的高い競技レベルを有していると言える。このうち、本研究で取り上げる時間走は、距離走とは異なり、本質的なゴールを自分で決められることに特徴がある。走る距離が決められている距離走とは異なり、競技終了まで走ることは必要とされず、どのタイミングでレースを終えるかもランナーの自由である。そのような状況において、いかに最後の 1 分 1 秒まで己を奮い立たせることができるかという部分に時間走の最大の魅力があると思われる。

長距離走において、レース中のペース配分はパフォーマンスに大きな影響を与える(山地, 1987)。その意味から、これまでマラソンのペースに関する多くの研究がされてきた。その共通の見解は、レース中に一定のスピードが保持される場合は、ペース変動が多い場合に比べパフォーマンスが高くなるということである(Ely et al., 2008; March et al., 2011; 山本・木村, 2004)。

今日まで、ウルトラマラソンに関する研究は、ランナーの身体的特徴(Rüst et al., 2012; Knechtle et al., 2009)、トレーニング状況(Rüst et al., 2012; Knechtle et al., 2009)、レース前後の生理学的変動(Millet et al., 2011; 山本ほか, 2005)に関するものが報告されている。しかし、ウルトラマラソンのペース特性に関する研究は、100km ウルトラマラソンにおけるペース特性を検討した Lambert et al.(2004)のものがあるが、それよりも長時間のウルトラマラソンである 24 時間走のペース特性に関する研究は見当たらない。

そこで本研究は、日本国内で開催された 24 時間走ウルトラマラソンにおけるペース特性を検討することを目的とした。

II. 方法

1. 分析したレースの概要

分析対象のレースは、2013 年 11 月 9 日～10 日に行われた第 8 回神宮外苑 24 時間チャレンジ大会男子の部であった。IAU の公認大会である本大会は、24 時間走世界選手権の日本代表選手の選考指定競技会を兼ね実施され、国内トップレベルのウルトラマラソン選手が集結する大会でもあった。その一方で、福岡国際マラソンやびわ湖毎日マラソンなどの国際マラソンレースとは異なり、参加資格などに条件を設けていないため、出場選手のレベルに差がある。そこで本研究では、出

場選手90名のうち、国内標準記録A以上(X,S,A)の記録で完走した1~8位(8名)をAグループ、B,C,Dの記録で完走した9~23位(15名)をBグループ、さらに優勝者(1位)の結果を含めて比較・検証した。このように分類した理由は、A以上の標準記録成績を達成した場合、24時間走世界選手権の代表内々定になる可能性があり、競技レベルの目安になると考えられたからである。

レースは1周1324.56mで構成されたコースを周回して競うものであった。大会当日の環境条件は表1に示すとおりであった。さらにレース時間内における最低気温は11.8℃、最高気温は20.2℃、平均気温は14.3℃であった。なお、本研究は大会実行委員会の協力によりデータ提供と使用許可を受けた。

表1 大会当日の環境条件

レース経過時間	1~6	7~12	13~18	19~24
気温(℃)	14.3±0.6	12.9±1.1	12.4±0.3	17.4±2.9
天気	曇/雨	曇/雨	曇	曇

データは全て気象庁ホームページからの情報を利用した

2. 走速度の分析方法

本大会における周回記録は、各ランナーが装着した検出チップを用いて自動応答計時システムによって行われた。計測されたデータをもとに1時間毎の走行距離が求められた。これらの結果から、各グループにおけるレース全体の平均速度、1時間毎の速度、ペース変動係数を算出した(表2)。

表2 分析項目

分析項目	算出方法
平均速度	総走行距離÷24時間
1時間毎の速度	該当する時間で走った距離÷1時間
ペース変動係数	1時間毎の速度の標準偏差÷平均速度

3. 統計処理

全ての数値は平均値ならびに標準偏差で表した。競技レベル間における各項目間の比較には、対応のないt検定を用いた。また、1時間毎の速度の比較には繰り返しのある二元配置分散分析を行い、交互作用の有無を調べた。その後、時間に対してはTukey法を用いて、また競技レベル間に対しては対応のないt検定を行った。なお、有意水準は5%に設定した。

III. 結果

レース成績はAグループが249.478±11.361km(平均速度10.39±0.47km/h)、Bグループが211.604±7.072km(平均速度8.82±0.29km/h)となり、グループ間に有意差が認められた(表3)。

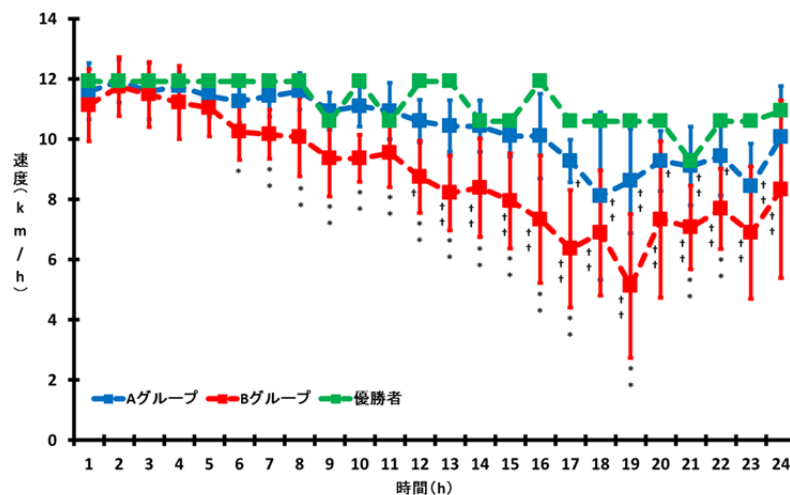
また、優勝者の記録の 269.225km(平均速度 11.22km/h)は国内最高記録であった。ペース変動係数は、A グループが 13.3±5.8%(5.6%~21.8%)、B グループが 25.0±9.6%(13.4%~39.4%)であり、グループ間に有意差が認められた(表 3)。また、優勝者は 6.7%であった。

表 3 レース結果

グループ	平均記録(km)	平均速度(km/h)	ペース変動係数(%)
A	249.478±11.361	10.39±0.47	13.3±5.8
B	211.604±7.072 **	8.82±0.29 **	25.0±9.6 **

ただし、** p<0.01:A グループとの比較,

図 1 には、各グループ及び優勝者の 1 時間毎の速度変化を示した。レースの経過時間と競技レベルに有意な交互作用が認められた(p<0.05)。A グループはレース開始 1 時間の速度に比べ、16 時間経過まではペースに有意差が認められなかった。一方、B グループは 12 時間経過以降、有意にペースが低下していた。競技レベル間の 1 時間毎の速度は、レース 5 時間までは有意差がみられなかったが、6 時間経過以降、レース終盤に至るまでグループ B が有意に遅いことが多かった。



ただし、* p<0.05 ** P<0.01: A グループと B グループの比較
 † p<0.05 †† p<0.01: 経過時間 (vs 1 時間) との比較

図 1 1 時間毎の速度変化

IV. 考察

これまで、長距離走のペース特性を検討した研究には、マラソン (Ely et al., 2008; March et al., 2011) や 100km ウルトラマラソン (Lambert et al., 2004) がある。Ely et al. (2008) が日本で行われた女子国際マラソン大会計 62 回における成績別 (各大会の 1 位、25 位、50 位、100 位) の平均ペースと 5km ごとのスプリットタイムを調べた報告では、1 位となった選手はレース全体を通して一定のペースで走行しているのに対し、その他の順位になった選手はレース後半にかけてペースダウンが生

じていることを明らかにした。また、Lambert et al. (2004) は、1995 年に開催された IAU 主催の 100km ワールドチャレンジ大会におけるペース特性を検討し、成績が上位の選手ほどレース後半のペース低下率が低かったことを、また、レース全体を通してのペース変動係数も成績が上位のグループ (平均記録 6 時間 36 分 50 秒 \pm 0 時間 11 分 39 秒) が $5.4 \pm 2.0\%$ であったのに対し、成績が下位のグループ (10 時間 02 分 25 秒 \pm 0 時間 34 分 40 秒) は $19.6 \pm 6.9\%$ と変動係数に相違があることを明らかにした。

本研究のペース変動係数は、A グループが B グループに比べて有意に低かった。このことから、24 時間という非常に長時間を走ることが要求される競技においてもマラソンや 100km ウルトラマラソンと同様に、ペース変動係数を抑えて走行することが優れたパフォーマンスを発揮する上で重要であると考えられる。また、本大会において優勝した選手のペース変動係数は 6.7% であり、A グループの $13.3 \pm 5.8\%$ に比べても低い値であった。また、ペース変動係数が 5.6% と最も低かった選手は、246.548km を走り第 5 位であった (詳細は、V. 現場への示唆で後述する)。したがって、個人が優れた競技成績を出すためには一定の高いペースで走り始めペース変動係数を小さくすることが重要であるといえる。

1 時間毎の走速度 (図 1) の観点からみると、B グループはレース開始から 12 時間を経過した頃から開始 1 時間に比べ速度が有意に低下していた。一方、A グループは 16 時間まで速度を維持することができていた。また、1 時間毎のグループの比較においては、レース開始から 5 時間まではグループ間で差が認められなかったのに対し、それ以降では有意差が認められることが多かった。すなわち、レース序盤において A グループと B グループは同等の速度で走行していたが、レース中盤以降、B グループで速度が遅かった。この原因は B グループではレース前半を相対的に高い運動強度で遂行していたことが推測される。Knechtle et al. (2009) は、24 時間走のパフォーマンスがマラソンの自己記録が速いランナーほど優れていることを明らかにした。また、我々は日本人ウルトラマラソン選手において、24 時間走で 240km 以上の成績を残した選手の多くは、過去にマラソンを 2 時間 50 分以下のタイムで完走した経験があることを把握している (ただし未発表資料)。本大会に出場したランナーの正式なマラソン記録は把握することができないが、同じような傾向がみられることが予測される。その結果、B グループではウルトラマラソンの疲労原因と考えられている筋グリコーゲンの枯渇 (Coyle, 1995; Coyle, 2007) や、神経筋機能の低下 (Millet, 2011; Millet et al., 2002)、筋損傷 (Kim et al., 2007) などがより早期に現われたのではないかと推測される。

本大会における優勝者の 1 時間毎の速度低下は、A グループの中でも特に少なく (図 1)、最も速度が低下した時でも 9.272km/h で走行していた。まる 1 日を要する 24 時間走においては、レース中、完全休息をとることもしばしば見受けられる。本研究の対象者 23 名の中、3 名に 1 時間の走距離が 0km を記録した。しかしながら、優勝者の結果からも明らかのように、より高い競技成績を収めるためには 24 時間をとおして一定したペースで走り続けることが重要である。

V. 現場への示唆

これまで述べてきたとおり、ウルトラマラソンでは一定ペースを維持することが高いパフォーマンスの発揮に必要と考えられる。しかしながら、実際にどのような戦略をとることがレースペースの維持に貢献するかについては今後検討していかなければならない課題である。24 時間走アジア選手権 2 位(247km)の成績を持ち市民ランナーの指導者でもある岩本(2013)は自らのレース経験を踏まえ、24 時間走のレース戦略について「徹底したマネージメント」の重要性を述べている。岩本は、24 時間を分割し、疲労の影響なども考慮しながらブロックごとに走る距離とそのペースを決めて、それを実際にトレースしていくことでパフォーマンスを高めていた。また、その上で順位や優勝争いは最後の 1 時間程度でしか存在せず、あくまでも走る距離をトレースした結果でしかないと述べている。また、100km ウルトラマラソンのペースを検討した奈良崎ほか(2013)は、年代別の比較で最もペース変動率が低かった 35~44 歳の群において、平均して 3 回程度のレース出場経験があったことを報告した。本大会において、レース前後半で走行距離が変化しなかった人に与えられる特別賞は、2011 年と 2012 年にレースに参加し、本大会を 5 位入賞した選手(記録 246.548km)であった。これらのことから本研究の B 群のようなペース変動が大きい選手は、レース経験やトレーニングを積み重ね、特定の時間に対して自分が走り切れる能力を見極めた上で大会に参加することでさらなるパフォーマンス向上につながると思われる。特に本研究で対象としたような競技レベルが高い選手においては、レース 12 時間経過以降、走速度の低下が顕著になることからレース前の段階で 12 時間以上走るような機会を設ける必要があると思われる。また、実際のレース中においては、順位を過度に意識しながら走るのではなく自らに合ったペースを見極めながら走行することが結果的にパフォーマンスを高めることにつながると示唆される。

VI. リミテーション

本研究にはいくつかの限界が存在する。一つは、前述したとおりレース中の生理的変化を測定していないことである。ウルトラマラソンは、運動時間が長時間に及ぶため、一般に長距離に重要とされる生理的指標の他にも、消化吸収機能など多くの影響を考慮する必要がある。今後は、実際のレース中の生理的変化を測定・検討し、24 時間走のペース特性との関連性について明らかにしていく必要がある。また、レース中の栄養補給動向によってもパフォーマンスが大きく影響を受けることが予測されることから(仙石ほか, 2008)、各選手の栄養補給動態や望ましい栄養補給方法について究明していくことが必要であろう。24 時間走の栄養補給については、選手によって摂取するエネルギーに大きな差があることが報告されている(渡辺ほか, 1997)。また、ウルトラマラソンではレースで使われるエネルギー量に対して、レース中に摂取されたエネルギー量が不足することが報告されている(山本ほか, 2005)。さらに、現場への示唆で述べたとおり、トレーニング状況やレース経験がパフォーマンスにも大きく影響してくるため、今後は選手の年齢、トレーニング状況、レース経験などを加味した上で検討していくことでより一層ペース特性について明らかにすることができると考えられる。

文献

- Coyle EF (1995) Substrate utilization during exercise in active people. *Am J Clin Nutr.* 61: 968-979.
- Coyle EF (2007) Physiological regulation of marathon performance. *Sports Med.* 37: 306-311.
- Ely MR, Martin DE, Cheuvront SN, Montain SJ (2008) Effects of ambient temperature on marathon pacing is dependent on runner ability. *Med Sci Sports Exerc.* 40: 1675-1680.
- 岩本能史 (2013) スパルタスロン 6 位に疑惑の声 疑いを晴らすには 24 時間走で結果を出せばいい. 違う自分になれ!ウルトラマラソンの方程式, 第 1 刷, 講談社. pp140-155.
- Kim HJ, Lee YH, Kim CK (2007) Biomarkers of muscle and cartilage damage and inflammation during a 200 km run. *Eur J Appl Physiol.* 99: 443-447.
- Knechtle B, Wirth A, Knechtle P, Zimmermann K, Kohler G (2009) Personal best marathon performance is associated with performance in a 24-h run and not anthropometry or training volume. *Br J Sports Med.* 43: 836-839.
- 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.
- March DS, Vanderburgh PM, Titlebaum PL, Hoopes ML (2011) Age, sex, and finish time as determinants of pacing in the marathon. *J Strength Cond Res.* 25: 386-391.
- Millet GY (2011) Can neuromuscular fatigue explain running strategies and performance in ultra-marathons? The flush model. *Sports Med.* 41: 489-506.
- Millet GY, Banfi JC, Kerherve H, Morin JB, Vincent L, Estrade C, Geysant A, Feasson L (2011) Physiological and biological factors associated with a 24 h treadmill ultra-marathon performance. *Scand J Med Sci Sports.* 21: 54-61.
- Millet GY, Lepers R, Maffiuletti NA, Babault N, Martin V, Lattier G (2002) Alterations of neuromuscular function after an ultramarathon. *J Appl Physiol.* 92: 486-492.
- 奈良崎秀貴, 有吉正博, 繁田進 (2013) 100kmウルトラマラソンレースのペースに関する分析的な研究. *ランニング学研究.* 24: 67.
- Rüst CA, Knechtle B, Knechtle P, Rosemann T (2012) Comparison of anthropometric and training characteristics between recreational male marathoners and 24-hour ultramarathoners. *Open Access J Sports Med.* 23: 121-129.
- 仙石泰雄, 中村和照, 緒形ひとみ, 吉岡利貢, 渡部厚一, 鍋倉賢治, 徳山薫平 (2008) 100km マラソン時の血糖変動とパフォーマンスに関する事例研究. *体力科学.* 57: 285-294.
- 渡辺雅之, 尤維忠, 南和広, 高丸功, 有吉正博, 小林啓三, 雨宮輝也 (1997) 383.24 時間走における栄養摂取について. *体力科学.* 46: 804.
- 山地啓司 (1987) マラソンの技術. マラソンの科学, 第 4 版, 大修館書店. pp. 87-96.
- 山本正彦, 木村瑞生 (2004) スプリットタイムからみた市民マラソンレースの一考察. 東京工芸大

学工学部紀要. 27: 102-107.

- ・ 山本正彦, 高丸功, 池内紀勝, 木村瑞生 (2005) 215km ウルト라마ラソンにおける心身の負担度およびエネルギー摂取量に関する事例研究. ランニング学研究. 16: 25-32.