

機関番号：12102

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2010

課題番号：21700625

研究課題名（和文） 100km マラソン中のレースペース変動と血糖変動の関係

研究課題名（英文） Relationship between race pace fluctuation and blood glucose fluctuation during 100 km marathon race

研究代表者

仙石 泰雄（SENGOKU YASUO）

筑波大学・大学院人間総合科学研究科・助教

研究者番号：30375365

研究成果の概要（和文）：本研究は、過去の 100km マラソンのレース結果を元にレースペースの類型化を行い、高いパフォーマンス発揮につながるレースペースパターンを明らかにすることを目的とした。さらに、100km マラソン走行中の血糖変動を連続的に測定し、レースペース変動との関係を明らかにすることを目的とした。その結果、100km マラソンレースを 7 時間以内でゴールする一流ウルトラマラソンランナーは 100km マラソンレース中の走速度変動を小さく抑えて走行していることが明らかとなった。また、9 時間以降にゴールするランナーは 50km 以降に急激に速度が低下する特徴が示された。さらに、7 時間以内でゴールしたランナーは、9 時間でゴールしたランナーと比較して、レース中のエネルギー摂取量が少ないものの、血糖低下率は小さいことが明らかとなった。このことより、100km マラソンにおいてトップパフォーマンスを達成するためには、レースペース変動を小さくすることが重要であり、レースペース変動の抑制には、エネルギー摂取量の多少に関わらず血糖値の低下を防ぐ能力および効果的なエネルギー補給のタイミングが関与している可能性が示された。

研究成果の概要（英文）：The present study aimed to clarify the race pace pattern to achieve high 100 km performance by analyzing past race results. Additionally, we measured blood glucose fluctuation during 100 km marathon race and aimed to investigate the relationship between blood glucose fluctuation and race pace fluctuation. From results, it was clarified that race pace decrement was significantly smaller in elite ultra-marathon runners who finish the race under 7 hours. On the other hand, abrupt decrement in running velocity was observed in runners finishing the race over 9 hours. Furthermore, in elite ultra-marathon runners who finish the race under 7 hours showed smaller decrease in blood glucose concentration compared to a runner who finished the race around 9 hours, even the energy intake amount was smaller in the faster runner. As conclusion, it was suggested that it is important to run a 100 km race with small race pace fluctuation to achieve top level performance, and a capacity to prevent abrupt blood glucose decrement regardless to energy intake amount and an appropriate timing of energy intake could relate to high 100 km race performance.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合 計
2009 年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2010 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総 計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・スポーツ科学

キーワード：ウルトラマラソン，レースペース，血糖変動，エネルギー消費

### 1. 研究開始当初の背景

近年のマラソンブームの影響で，一般的なフルマラソンのみならず，42.195 kmを超えるウルトラマラソンへ出場する市民ランナーの人数も急増している．ウルトラマラソンは，フルマラソンと比較して運動時間が長くなることからレース中の生理的負荷が増大し，レース中に蓄積した疲労がレースペースの変化に大きく影響することが考えられる．先行研究は，ウルトラマラソンレース前後に採血を実施することにより生体へのダメージや免疫機能の変化について分析してきた．また，ウルトラマラソン中のエネルギー・水分補給の重要性も指摘されており，適切なエネルギー・水分補給の指標についても報告されている．しかしながら，ウルトラマラソン中の生理応答とレースペース変動との関連について十分に研究されていないのが現状であった．

近年，糖尿病患者を対象として血糖値の変動を連続的に分析することが可能な連続血糖測定装置（continuous glucose monitoring system；CGMS）が開発され，マラソン等の長時間運動中の血糖変動を測定することにも応用されている．しかしながら，100 kmマラソンのレースを通してウルトラマラソン中の生理応答とレースパフォーマンスとの関連を分析する上で，走行中のエネルギー代謝動態が評価できると考えられる血糖値がどのように変動するか十分な研究が進んでいなかった．

100km マラソンの走時間はトップランナーにおいても 6 時間以上に及ぶことから，様々なレースペースパターンが存在すると考えられる．特に，2007 年サロマ湖 100km ウルトラマラソンの優勝者の 10km 毎の走時間の標準偏差は 43 秒であり，一定ペースを保つことが高いパフォーマンスの発揮につながることを予想される．ただし，100km マラソンにおいてレースペースを一定に保つ際の血糖変動をはじめ，各レースペースパターンに対応した血糖変動については明らかになっていなかった．

### 2. 研究の目的

本研究では，過去の 100km マラソンのレース結果を元にレースペースの類型化を行い，高いパフォーマンス発揮につながるレースペースパターンを明らかにすることを目的とした（研究課題 I）．さらに，平成 21 年および平成 22 年に開催される 100km マラソンにおいて，100km マラソン走行中の血糖変

動を CGMS を用いて連続的に測定し，レースペース変動と血糖変動の関係を明らかにするとともに，血糖変動とレース中のエネルギー補給内容の関係を分析することを目的とした（研究課題 II）．

### 3. 研究の方法

#### [研究課題 I]

研究課題 I の目的を達成するために，2007 年 6 月 24 日に開催されたサロマ湖 100km ウルトラマラソンに出場し 10 時間以内で完走した全ての男性ランナー 300 名を対象とし，ゴールタイム別にレースペースパターンの分析を行った．レース終了後に大会公式サイトで公表された各ランナーの 10km ごとの Lap タイムから，レースペースの変化およびレースペース変動を分析した．7 時間以内から 10 時間のゴールタイムを 30 分刻みでレベル分けし，対象者を 7 つのグループ（G1~7）に分類した（6 時間 29 分でゴールした優勝者は G1 に選別）．各グループの人数は，G1=6 名，G2=6 名，G3=12 名，G4=22 名，G5=65 名，G6=68 名，G7=121 名であった．各グループにおける 10km 毎の平均走速度から，走速度の変動係数を算出し，グループ間の差を分析した．また，第 1 Lap（0~10km）の走速度を 100%とし，各 10km 区間の走速度変化率をグループごとに算出し，グループ間の差を分析した．

#### [研究課題 II]

研究課題 II の目的を達成するために，平成 21，22 年 6 月に開催されたサロマ湖 100km ウルトラマラソンおよび平成 22 年 4 月に開催されたに鶴沼ウルトラマラソン 100km の部に参加した十分にトレーニングを積んだランナー計 6 名を対象とし，レースペース変動と血糖変動の関係を分析した．レース前に実験室において漸増負荷走テストを実施し，対象者の最高酸素摂取量，乳酸性作業閾値（LT）および最高心拍数を分析した．レース中の血糖値の変動を測定するために連続血糖測定装置（Continuous Glucose Monitoring System Gold；CGMS，Medtronic MiniMed，CA）を用いた．CGMS は 5 分平均の細胞間質液中のグルコース濃度を 72 時間連続測定することが可能な装置であり，1 日最低 4 回血液中の血糖値で補正することにより，正確な血糖値が得られると報告されている．CGMS を補正するための自己血糖測定にはグルコカード（GT1640，Arkray，Japan）を用いた．CGMS をレース 2 日前に腹部皮下組織に装着し，防水テープで電極を固定した．確実に補正を行うため，レ

レース開始までに9回血液中の血糖値でキャリブレーションを行った。先行研究より、細胞間質液中のグルコース濃度と血液中のグルコース濃度の変動に時間差が生じるものの、その時間差は10分以内であるとすると報告されていることから、本研究ではCGMSで測定した細胞間質液中のグルコース濃度を血糖値と同等であると解釈した。レース中の血糖値を5分間隔で連続的に測定すると同時にレース中の心拍数(RS800, Polar, Finland)およびエネルギー補給内容を測定し、レースペース変動との関係を分析した。レース走行中の運動強度は、レース前に測定したLTに相当する走速度を基準に分析した(%LT)。

#### 4. 研究成果

##### [研究課題 I]

研究課題 I において、各グループのレースペースパターンを分析した結果を図1に示す。各グループのレースペースパターンを比較した結果、7時間以内でゴールするランナーは100km マラソンレース中の走速度変動を小さく抑えて走行していることが明らかとなった。また、9時間以降にゴールするランナーは50km以降に急激に速度が低下する特徴が示され、7時間から9時間以内でゴールするランナーは50km以降緩やかに走速度が低下し続ける傾向が示された。さらに、7時間以内でゴールするランナーは50 km区間で最も高い走速度を示すのに対して、それ以降にゴールするランナーは全て30 km区間で最も高い走速度に達することが示された。

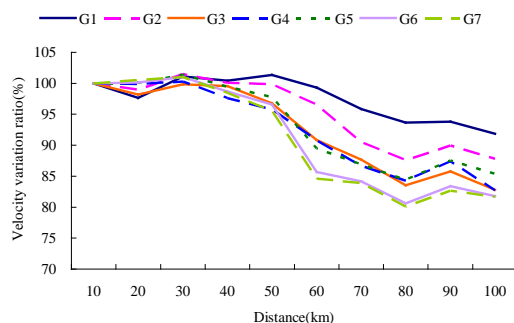


図1 100km マラソン中のレースペース変化率 (ゴールタイム別)

これらのことから、100 kmマラソンを7時間以内で完走する高いレースパフォーマンスを達成するためには、50 km以降の走速度低下を抑制し、レースを通したペース変動を小さくすることが重要であることが明らかとなった。また、ウルトラマラソンレースにおける生理応答を調査した研究は、レース前・

中・後の測定値の分析結果を報告していることが多い。しかしながら本研究結果より、レース中の生理応答とレースパフォーマンスの関係を明らかにするためには60km~90km区間に着目することが必要であることが明らかとなった。

##### [研究課題 II]

研究課題 II において平成22年4月に開催された鶴沼ウルトラマラソン100kmの部に参加したランナー2名のレースペース変動、血糖変動、レース中のエネルギー補給内容の測定結果を図2と図3に示す。7時間以内でゴールしたランナーは(最高酸素摂取量=72.0 ml/kg/min), 9時間でゴールしたランナー(最高酸素摂取量=62.3 ml/kg/min)と比較して、高い相対強度で100 kmマラソンを走行していることが明らかとなった(89.9 ± 5.8 %LT vs. 78.4 ± 8.6 %LT)。

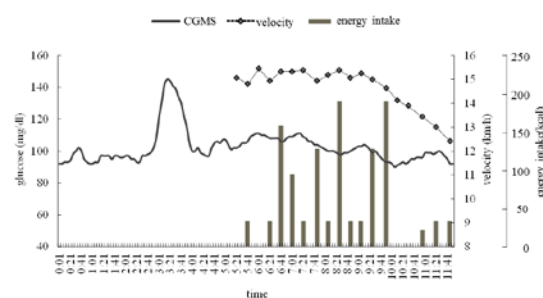


図2 100km マラソンを6:51:17でゴールしたランナーのレースペース変動、血糖変動およびレース中のエネルギー摂取量測定結果。血糖値はレース日全体のデータを示す。

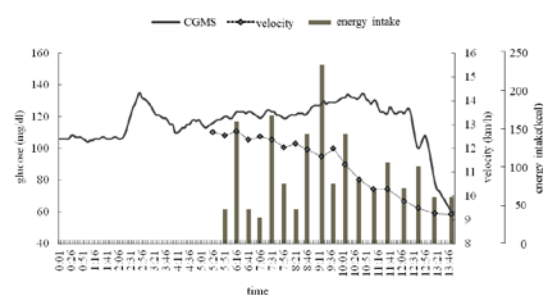


図3 100 kmマラソンを8:56:04でゴールしたランナーのレースペース変動、血糖変動およびレース中のエネルギー摂取量測定結果。血糖値はレース日全体のデータを示す。

また、速いランナーは、レース中の総エネルギー摂取量(1125 kcal vs. 1599 kcal)および総炭水化物摂取量(249 g vs. 366 g)が少ないものの、血糖低下率は遅いランナーと比較し

て小さいことが明らかとなった。一方で、速いランナーは総エネルギー補給量が少ないものの、血糖値が低下し始める段階で 100 kcal 以上のエネルギー補給をしており、さらなる血糖値の低下を防いでいる傾向が示された。

これらのことより、100km マラソンパフォーマンスを向上するためには、レースペース変動を小さくすることが重要であり、そのためにはエネルギー摂取量の多少に関わらず急激な血糖値の低下を防ぐ能力（高い持久性能力や糖質を効率的に利用する能力）および適切なタイミングで十分なエネルギーを摂取するエネルギー補給計画が関与している可能性が示された。

本研究より、5 分間隔で血糖値の変動を分析できる CGMS を用いてウルトラマラソン中の血糖値を測定することにより、レース中におけるエネルギー摂取が、量およびタイミングにおいて適切であったかどうか評価する上で有益な情報を提供できる可能性が示唆された。ただし、100km マラソンのレースパフォーマンスにはレース環境（コース条件・気候）が大きく関与するため、異なるレース間で測定結果の比較が困難であることが示された。例えば、平成 22 年 6 月に開催されたサロマ湖 100 kmウルトラマラソンは、気温が 30℃近くまで上昇する暑熱環境下で実施され、レースペースの変動にエネルギー補給内容以外の要因が関与し、測定を実施した 3 名のランナーにおいてレースペース変動と血糖変動の関係をより詳細に分析することができなかった。

## 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 1 件）

1. 仙石泰雄, 白石安男, 中村和照, 鍋倉賢治 : ゴールタイム別にみた 100km マラソン中のレースペース特性, ランニング学研究, 22, 96-97, 2010. 査読無,

〔学会発表〕（計 3 件）

1. 仙石泰雄, 中村和照, 緒形ひとみ, 鍋倉賢治, 徳山薫平 : 一流ウルトラマラソンランナーにおける 100km マラソンレースパフォーマンスと血糖変動の関係, 第 65 回日本体力医学会大会, 千葉商科大学, 2010. 9. 17,

2. 仙石泰雄, 白石安男, 中村和照, 鍋倉賢治 : ゴールタイム別にみた 100km マラソン中のレースペース特性, 第 22 回ランニング学会大会, 横浜市スポーツ医科学センター, 2010. 3. 13,

3. 仙石泰雄, 久保潤二郎, 戸茱晴彦, 中村和照 : 夏場のウルトラマラソンにおけるレースパフォーマンスとエネルギー摂取量の関係, 第 60 回日本体育学会, 広島大学, 2009. 8. 27,

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

仙石 泰雄 (SENGOKU YASUO)

筑波大学・大学院人間総合科学研究科・助教

研究者番号 : 3 0 3 7 5 3 6 5