

## 50km スキーマラソンレース中の滑走スピードと心拍数の関係 ー心拍計付き GPS による測定ー

木村 瑞生\*

### Relation between skiing speed and heart rate during 50km ski marathon race

Mizuo Kimura\*

#### Abstract

The purpose of the present study was to investigate the relation between skiing speed and heart rate during 50km ski marathon race. Subject was one healthy male (age 50) who has a career of 40 years of cross-country ski. Values of mean skiing speed and mean heart rate in every 250m using GPS with a heart rate monitor were recorded. The relation between the skiing speed and the heart rate showed significant negative correlation ( $r=-0.404$ ,  $p<0.001$ ). It was suggested that the result of such negative correlation was important data for considering the skiing pace and physical fitness factor during ski marathon.

#### はじめに

四肢のスポーツともいわれるクロスカン트리スキーは、ヨーロッパ諸国、特に北欧において人気が高く愛好者の多いスポーツである。我が国では、北海道を中心に東北、信越地方等で数多くの大会が開催されている。札幌で毎年開催されている札幌国際スキーマラソンは、世界15カ国のクロスカントリースキー大会で構成する「ワールドロケット」の日本で唯一の大会である。それ故、日本国内はもとより海外からのスキーマラソン愛好者が多数参加する大会である。2009年の第29回札幌国際スキーマラソン大会には、歩くスキー(3km、5km、10km)とスキーマラソン(25km、50km)の総エントリー数が2600名以外にも達し、クロスカントリースキーが競技スポーツとしてだけでなく健康のための生涯スポーツとして定着してきている。クロスカントリースキーが雪上のマラソンと言われるように、その身体に与える効果はマラソンと類似しているところがある。Ingjer<sup>2)</sup>は、ワールドクラスのクロスカントリースキー選手男女の最大酸素摂取量がそ

れぞれ85.6ml/kg/min、70.6ml/kg/minと極めて高い値であることを報告している。一方、Vaananen et al.<sup>6)</sup>は、2日間の走行距離が100kmのスキーマラソンを完走することでホルモン(テストステロン、LH、コルチゾール)の動態が変化すること、また、Luurila<sup>4)</sup>は、75~90kmを7~12時間で完走した中年男性において、不整脈が増加することを報告している。このように、クロスカントリースキーは、健康・体力(呼吸循環系機能)の維持増進のために効果的なスポーツである一方で、スキーマラソンのような長距離レースでは身体へダメージを与えるスポーツでもある。そのため、クロスカントリースキー愛好者の身体への悪影響を軽減するためにも、スキーマラソンのレース中の滑走スピードと身体負担度(運動強度)の関係を明らかにしておくことが求められる。

スポーツ活動中の運動強度は、猪飼と山地<sup>1)</sup>が示したように、心拍数から比較的容易に知ることができる。老月ら<sup>5)</sup>は、歩行や走行スピードと心拍数の関係を調べ、走行ではスピードが速くなると心拍数も比例して直線的に増加することを示した。し

\* 東京工芸大学工学部基礎教育研究センター教授  
2010年9月1日 受理

かしながら、スキーマラソンのレースにおいて、滑走スピードと心拍数の正の比例関係が成立するの大きな疑問である。その理由は、スキーマラソンのコースは起伏に富み必ずしも滑走スピードと心拍数の関係が正の比例関係にはならないのではないかとということが予測されるからである。スキーマラソンレースにおけるこのような滑走スピードと心拍数の関係についての研究報告は現在のところ見当たらない。

そこで、本研究は被験者1名ではあるが、50km スキーマラソンレース中の心拍数と滑走スピードの関係性を調べ、スキーマラソンレース中の呼吸循環系応答の特徴を示す資料を提供することを目的とした。

## 方法

### 1) 被験者

被験者 MK は、クロスカントリースキー歴 40 年の 50 歳の健康な男性 1 名 (身長 165cm、体重 67kg、BMI24.6、体脂肪率 18.4%) であった。

今回の測定を実施した大会、気象状況、レース結果等を以下に示す。

< 第 29 回札幌国際スキーマラソン大会 >

- ・ 2009 年 2 月 8 日 (日) 9 時スタート (50km)
- ・ 完走者数 (50km) 男子 575 人、女子 53 人
- ・ 気象 9 時 (天気 雪、気温 -0.9℃、風速 7.3m/s)  
12 時 (天気 雪、気温 -0.7℃、風速 8.7m/s)
- ・ 順位 178 位 (完走 575 人中)
- ・ タイム 4 時間 14 分 25 秒 1

上記のように大会当日は、時折スキーの滑走スピードを鈍らすほどの風雪で、体力の消耗を来すほどの悪コンディションであった。

被験者は、レース中楽な感覚 (RPE10~12) で滑走するように心掛け完走した。

### 2) 滑走スピードと心拍数の測定

50km スキーマラソンレース中の滑走スピードと心拍数の測定には、心拍計付き GPS (ForeAthlete305、GARMIN 社製) を用いた。滑走スピードと心拍数は、GPS の自動ラップ機能を 250m に設定し記録した。したがって、滑走スピードおよび心拍数のデータ数は、それぞれ 200 個となった。

### 3) 最大酸素摂取量の測定

50km スキーマラソンの 1 週間前に自転車エルゴメータによる運動負荷試験 (all out 実験) を実施し、被験者の最大酸素摂取量および最大心拍数を測定した。酸素摂取量と心拍数は、呼吸代謝測定装置 VO2000 (Medical Graphics Corporation) とその計測ソフト m-Graph (エスアンドエムイー社製) を用いて測定した。運動負荷試験後、心拍数と酸素摂取量関係の一次回帰直線式を算出し (図 1)、レース中の酸素摂取量を心拍数より求めた。

### 4) 滑走スピードと心拍数の分析

50km スキーマラソンのレース中、コースに設置された給食地点 (図 2 の“給”) では、補給のため立ち止まったり滑走スピードが極端に遅くなったりした。そのため、滑走スピードと心拍数の関係を調べる際には、8カ所の給食地点のデータ (8 個) は削除した。さらに、スタートから 1km までは、選手間のポジション取りによって渋滞が生じたので、この間のデータ (4 個) も削除した。したがって、滑走スピードと心拍数の関係は、188 個のデータから求められた。

## 結果

### 1) 最大酸素摂取量と心拍数-酸素摂取量関係

自転車エルゴメータによる運動負荷試験の最大酸素摂取量と心拍数-酸素摂取量関係を図 1 に示した。被験者 MK の最大酸素摂取量は、62.8ml/kg/min、最大心拍数 183 拍/分であった。また、心拍数-酸素摂取量関係の一次回帰式 ( $y = 0.5453x - 38.67$ ) にレース中の心拍数 ( $x$ ) を代入し、レース中の酸素摂取量 ( $y$ ) の変化を図 2 (上段) に示した。

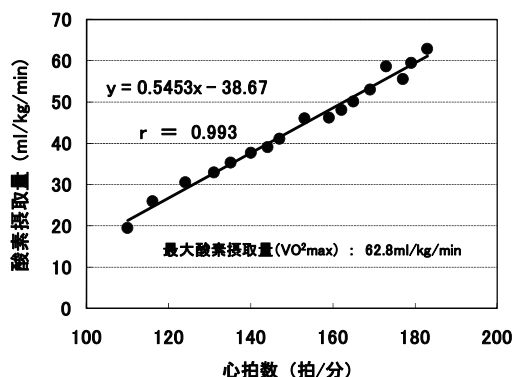


図1 運動負荷試験における心拍数と酸素摂取量の関係

## 2) スキーマラソンレース中の滑走スピード、心拍数、酸素摂取量の変化

50km スキーマラソンレース中の 250m毎の滑走スピード、心拍数、そして心拍数より求めた酸素摂取量の変化を図2に示した。図2下段に示した“給”は、コースに設定された8カ所(10km、17km、21km、21km、31km、38km、41km、47km)の給食地点を表しており、明らかに滑走スピードが低下している。50kmの平均滑走スピードは、13.7km/h、降り斜面で記録した最高スピードは33.3km/h、登り斜面で記録した最小スピードは4.8km/hであった。心拍数の平均値は162拍/分、最大値は33km地点(緩やかな登り斜面)の176拍/分、最小値は22km地点(降り斜面)の140拍/分であった。最大と最小の差が36拍/分にも達した。酸素摂取量の平均値は49.9ml/kg/min、最大値は57.3ml/kg/min、最小値は37.7ml/kg/minであった。相対的運動強度を心拍数

(安静63拍/分、最大183拍/分)と酸素摂取量(最大62.8ml/kg/min)から求めると、その平均値はそれぞれ82.5%HRreserveと79.5%VO<sub>2</sub>maxであった。また、その最大値はそれぞれ94.2%HRreserveと91.2%VO<sub>2</sub>maxにも達した。

## 3) スキーマラソンレース中の滑走スピードと心拍数の関係

50km スキーマラソンのスタートから1km地点までの渋滞区間の4個のデータと8カ所の給食地点のデータを除外した計188個のデータについて、滑走スピードと心拍数の関係を示した(図3)。図2のコースの標高と滑走スピードおよび心拍数を照らし合わせると分かるように、両者の関係には滑走スピードが遅い登り斜面で心拍数が高く、滑走スピードが速い降り斜面で心拍数が低くなる有意な負の相関( $r=-0.404$ ,  $p<0.001$ )が示された。

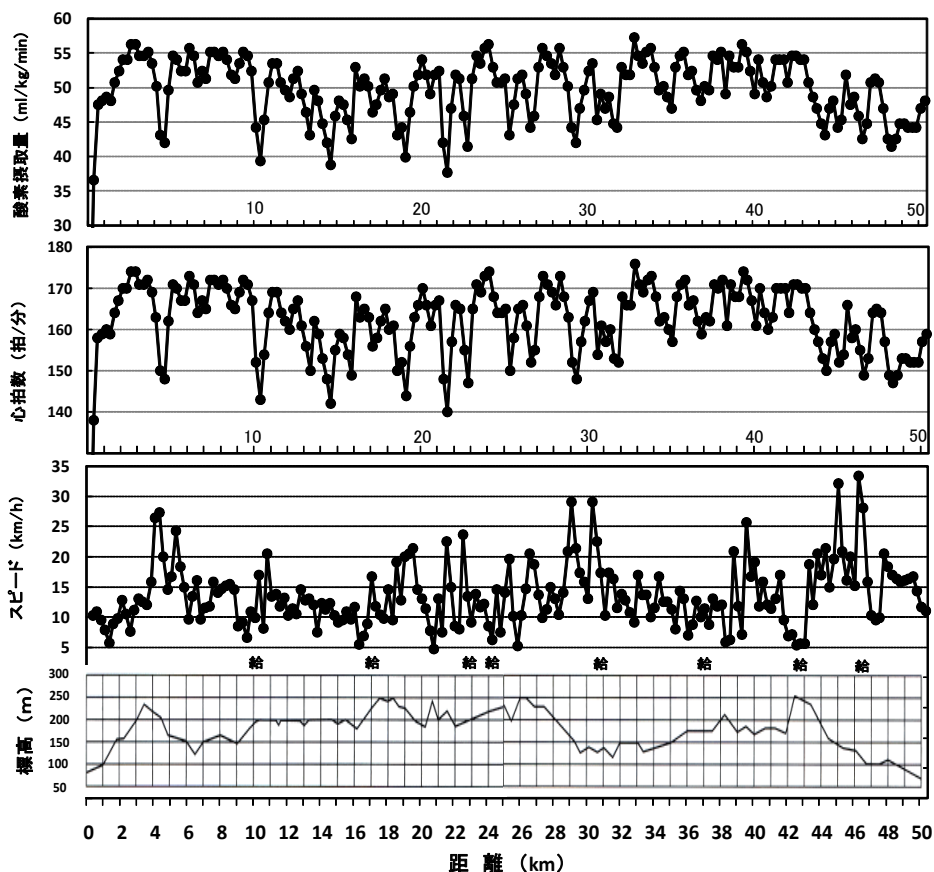


図2 スキーマラソン中の滑走スピード、心拍数、酸素摂取量の変化

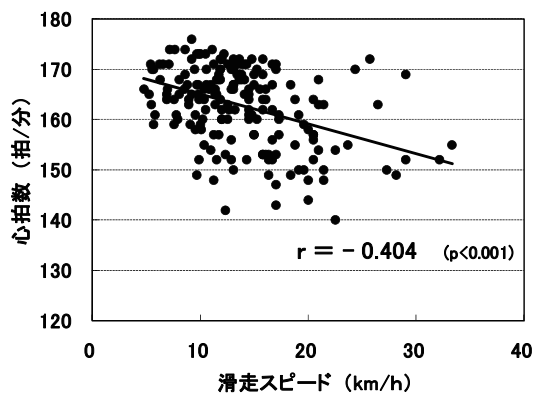


図3 スキーマラソン中の心拍数と酸素摂取量の関係

## 考 察

本研究では、被験者1名について、心拍計付きGPSを用いて50km スキーマラソンレースの経時的な滑走スピードと心拍数の変化を記録し、その両者の関係を示した。

被験者MKは、完走を目的に楽な感覚の運動強度 (PRE10~12) で50km スキーマラソンに臨んだにもかかわらず、レース中の相対的運動強度は、平均で82.5%HRreserve (79.5%VO<sub>2</sub>max) 最大で94.2%HRreserve (91.2%VO<sub>2</sub>max) にも達した。2日間で100kmを滑走するフィンランディアスキーレースを完走した健康な10名の被験者のデータによると、その運動強度は最大心拍数の85%ということが報告されており<sup>7)</sup>、本結果はその研究報告と同程度の運動強度であることが示された。木村ら<sup>3)</sup>が報告した15年前の同被験者MKの100km ウルトラマラソンの運動強度が60~80%HRreserveであったことを考えると、スキーマラソンにおける呼吸循環系に対する運動強度は極めて高いのかもしれない。したがって、スキーマラソンのレース後の身体へのダメージ<sup>4)6)</sup>を軽減するためには、さらに運動強度を落として滑走することが望ましいと考えられる。今回のレースのような主観的な感覚 (RPE10~12) を手がかりにしたペースでは、その運動強度は予想以上に高い結果を招いてしまうということが示唆された。

本研究において注目すべき結果は、滑走ス

ピードと心拍数の関係が、有意な負の相関を示したことである。ランニングスピードと心拍数の関係については、ランニングスピードが速くなるに従い心拍数も直線的に増加する正の相関を示すことが分かっている<sup>5)</sup>。しかしながら、本結果ではランニングとは全く逆の結果となった。これは、クロスカントリースキー特有のコース設定によるところが大きな要因であると考えられる。つまり、登り斜面では最大の努力で滑走したとしてもそのスピードは速くはない。しかし、心拍数は最大値近くにまで達する。一方、降り斜面では、クラウチング姿勢をとり滑走スピードが増し、その間心拍数はどんどん減少する。このように、滑走スピードが低速の登り斜面で最大の心拍数に達し、滑走スピードが高速の降り斜面で最低の心拍数に回復する呼吸循環系の応答が、“滑走スピード-心拍数関係”の有意な負の相関として表れたものと考えられる。

もし、スキーマラソンレースにおける“滑走スピード-心拍数関係”が呼吸循環系の応答速度の能力を表しているものとするれば、一流のクロスカントリースキー選手のその両者の関係は、本結果よりさらに高い負の相関を示すのかもしれない。これについては未だ明らかにされておらず今後の課題として残されている。

## まとめ

完走を目的に楽な感覚の運動強度 (RPE10~12) でスキーマラソン (50km) を完走した被験者1名のレース中の運動強度は、平均で82%HRreserve (79.5%VO<sub>2</sub>max)、最高で94.2%HRreserve (91.2%VO<sub>2</sub>max) にも達した。このことから、スキーマラソンの運動強度は予想以上に高く、それを考慮したペース配分の必要性が指摘された。さらに、レース中の滑走スピードと心拍数の関係が有意な負の相関を示したことから、クロスカントリースキー選手の呼吸循環系の応答速度の能力について考察された。

## 参考文献

- 1) 猪飼道夫、山地啓司：心拍数からみた運動強度～運動処方の研究資料として～. 体育の科学、21：589-593 (1971)
- 2) Ingjer F：Maximal oxygen uptake as a predictor of performance ability in women and men elite cross-country skiers. Scand J Med Sci Sports, 1:25-30 (1991)
- 3) 木村瑞生、北均、五十嵐桂一：ウルトラマラソン(100Km) 走行中の心拍数の変動. 東京工芸大学工学部紀要、18：95-98 (1995)
- 4) Luurila O J, Karjalainen J, Viitasalo M, Toivonen L：Arrhythmias and ST segment deviation during prolonged exhaustive exercise (ski marathon) in healthy middle-aged men. Eur Heart J, 15(4): 507-513 (1994)
- 5) 老月敏彦、山地啓司、有沢一男：心拍数と歩行・走行スピードからみた運動強度～運動処方の研究資料として～. 体育の科学、26：680-686 (1976)
- 6) Vaananen I, Vasankari T, Mantysaari M, Vihko V：Hormonal responses to 100km cross-country skiing during 2 days. J Sports Med Phys Fitness, 44(3):309-314 (2004)
- 7) Vaananen I, Vihko V：Physiological and psychological responses to 100km cross-country skiing during 2 days. J Sports Med Phys Fitness, 45(3):301-305 (2005)