

## 資料

## クロスカントリースキーにおける勾配および速度が心拍数に及ぼす影響

渡部憂<sup>\*1</sup> 斎藤辰哉<sup>\*2</sup> 和田拓真<sup>\*2</sup> 林聡太郎<sup>\*3</sup>  
宮坂雄悟<sup>\*3</sup> 矢野博己<sup>\*3</sup> 小野寺昇<sup>\*3</sup>

### 1. 緒言

クロスカントリースキーは、上肢によるポーリングおよび下肢によるキックを駆使して雪上滑走する全身性持久運動である<sup>1)</sup>。身体をバランスよく鍛えることができるため、競技スポーツだけでなく、体力づくりなどにも用いられる。

クロスカントリースキー競技は、クラシカル走法、フリー走法又は両走法を組み合わせた複合で構成されている。クラシカル走法には、ダイアゴナル、ダブルポーリング、滑走を伴わない開脚登行、滑降、ターン等の技術があり、国際競技規則<sup>2)</sup>に記載されている。ダイアゴナルは、下肢の力強いキック、鋭い脚のすり出し、さらにストックの押しで1歩1歩交互にスキーを滑らせる技術で、軽い上り坂で用いるもっとも一般的な技術である<sup>3,4)</sup>。ダブルポーリングは、両腕によるストックの押しにより前進する技術で、平地や緩い下り等で用いられる<sup>3)</sup>。ダブルポーリングは、主に両腕によるポーリングでダイアゴナルよりも大きな推進力を得ることができる。これらのことから上り勾配時における心拍数は下り勾配時と比較し、高値を示すものと仮説立てた。

先行研究<sup>5)</sup>は、GPS (Global Positioning System)

を用いて勾配と速度の関係性を明らかにした。下り勾配および上り勾配が同様 (8.6°) のときの平均速度は、下り勾配 (8.24 ± 0.37m/s)、上り勾配 (4.66 ± 0.35m/s)であることを報告した。同じ勾配の時、下り時の速度は、上り時の速度の約2倍となることを示唆する。しかしながら、これまで勾配と心拍数の関係から分析した報告はみられない。

本研究は、GPS サイクルコンピュータを用い、クロスカントリースキーにおける勾配および速度が心拍数に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、仮説検証のフィールド実験を行った。

### 2. 方法

#### 2.1 被験者

健康な成人男性7名であった。被験者の身体的特性およびクロスカントリースキー経験年数を表1に示した。被験者には、インフォームドコンセントを実施し、研究参加の同意を得た。

#### 2.2 測定項目

測定項目は、心拍数、速度および勾配とした。これらの測定には、GPS サイクルコンピュータ (Edge500; GARMIN 社製) を用いた。スキー板

表1 身体的特性および経験年数

測定項目	被験者						
	A	B	C	D	E	F	G
身長 (cm)	175	172	177	168	178	161	169
体重 (kg)	71	69	78	64	72	71	62
年齢 (歳)	27	48	59	26	21	24	34
経験年数 (年)	3	5	30	4	0	1	0

\*1 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康体育学専攻

\*2 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康科学専攻

\*3 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科

(連絡先) 渡部憂 〒701-0193 倉敷松島288 川崎医療福祉大学

E-mail : w6313002@kwmw.jp

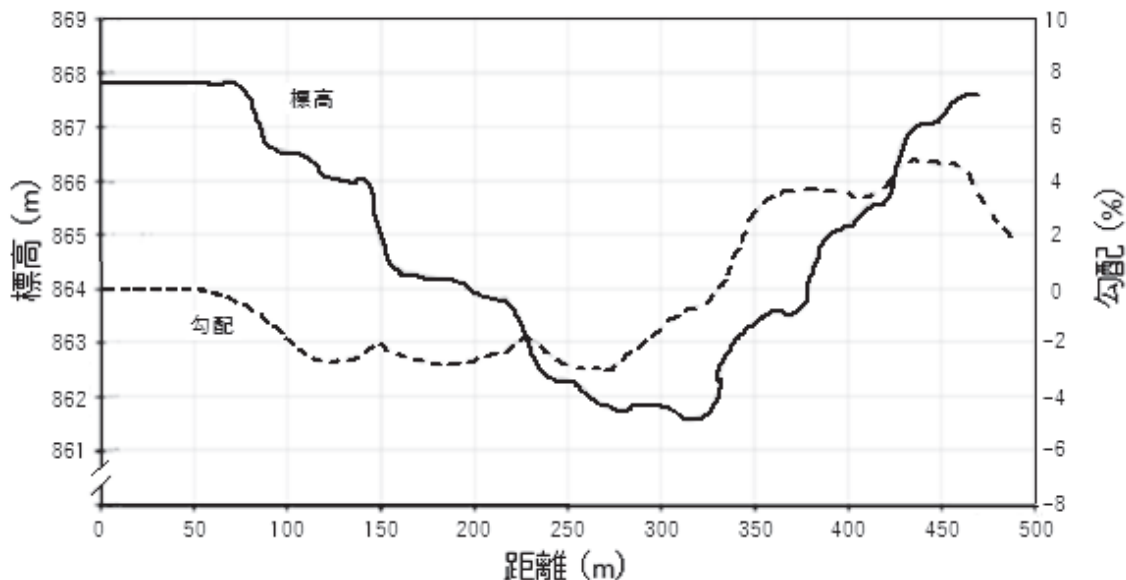


図1 コースの勾配および標高

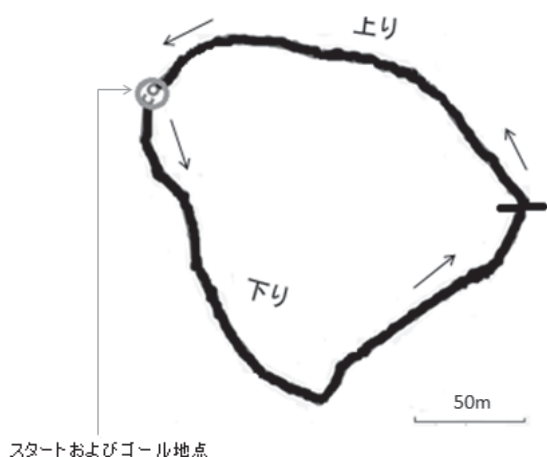


図2 コースの全体図

は alpina 社製を用い、ストックは EXEL 社製(140, 145cm)を用いた。測定は、鳥取県鏡ヶ成スキー場(標高: 868m)にて行った。当日の天候は、晴れ、気温12℃、微風であった。コースは、1周480m、勾配の最大値は、下り勾配4%、上り勾配5%であった(図1, 2)。勾配および標高から、コースを下り勾配時(0-325m)および上り勾配時(326-480m)に分けた。クロスカンリースキーの走法は、クラシカル走法とし、被験者には最大努力で走行することを指示した。

### 2.3 統計処理

各被験者の最大心拍数を220-年齢(bpm)から予測し、最大心拍数に対する相対強度(% MHR)を走行時の最高心拍数から算出した。これらにより算

出された下り時および上り時の% MHRの比較は、対応のあるt検定を用いて比較した。

### 3. 結果と考察

各被験者の下りおよび上り両局面における走行時間、平均速度、最高速度、最高心拍数および転倒回数を示した(表2)。各測定項目の平均は、走行時間 $280.0 \pm 38.5$ 秒、平均速度 $6.6 \pm 0.7$ km/h、最高速度 $12.2 \pm 2.1$ km/h、最高心拍数 $183.9 \pm 11.4$ bpmであった。経験年数の多い被験者は、経験年数の少ない被験者と比較し、走行時間が短い傾向にあった。藤田ら<sup>6)</sup>は、ダイアゴナル走法がスタートからの加速に最も優れた走法であり、加速局面後には、ダブルポーリング走法がダイアゴナル走法より滑走速度の獲得に有利な走法であると報告した。経験年数の多い被験者は、下り局面、上り局面および平地局面において各々の適切な走法を選択できていたため、走行時間が短縮した可能性が考えられる。経験年数の少ない被験者は、経験年数の多い被験者と比較し、転倒回数が多かった。転倒回数は、D:1回(下り時, 1回)、E:5回(下り時, 3回;上り時, 2回)、F:3回(下り時, 2回;上り時, 1回)、G:6回(下り時, 5回;上り時, 1回)であった。すべての被験者の転倒(15回)中、11回(73%)が下り時に転倒した。また、経験年数の少ない被験者が多く転倒し、下り時の滑走には、技術の差が影響する可能性も考えられた。

下り勾配時および上り勾配時における走行時間、平均速度、最高速度および最高心拍数を示した(表3、

4). 先行研究<sup>5)</sup>は、上り勾配時と比較し、下り勾配時に滑走速度が速くなると報告した。本研究の最高速度は、下り勾配時にすべての被験者が記録し、先行研究を支持する結果となった。

心拍数変化を図3に示した。下り勾配時および上り勾配時の終了前100mから終了までの平均心拍数を表5に示した。各被験者の最大心拍数を220-年齢 (bpm) から予測し、最大心拍数に対する相対強度 (% MHR) を下り勾配時および上り勾配時の最高心拍数から算出した (表6)。下り勾配時における % MHR は  $97.1 \pm 7.1$  (%), 上り勾配時における % MHR は  $98.7 \pm 6.4$  (%) であった。上り勾配時の % MHR は、下り勾配時と比較し有意な差はみられなかった。上り勾配時は、ダイアゴナルを用いる。ダ

イアゴナルは、上肢のポーリングだけでなく下肢のキックを多用することから、ダブルポーリングを用いた下り勾配時と比較し、動員される活動筋量が増大した可能性が考えられる。これらのことは、下り時の速度は速い傾向を示したが、相対的な運動負荷強度は概ね等しいことを示唆する。

5. 結論

クロスカントリースキーにおける勾配および速度が心拍数に及ぼす影響を明らかにした。

下り勾配時における最高速度および平均速度は、上り勾配時と比較し、速い傾向がみられた。上り時の % MHR は、上り時の % MHR と概ね等しい値をとった。

表2 走行時間, 平均速度, 最高速度, 最高心拍数および転倒回数

測定項目	被験者						
	A	B	C	D	E	F	G
走行時間 (sec)	225	303	255	245	321	320	293
平均速度 (km/h)	7.6	5.7	6.8	7.1	6.0	6.0	6.9
最高速度 (km/h)	13.1	9.7	12.5	16.1	10.8	11.3	11.8
最高心拍数 (bpm)	196	175	176	171	199	191	174
転倒回数 (回)	0	0	0	1	5	3	6

表3 下り時における走行時間, 平均速度, 最高速度, 平均心拍数および最高心拍数

測定項目	被験者						
	A	B	C	D	E	F	G
走行時間 (sec)	135	155	160	160	215	185	165
平均速度 (km/h)	8.7	7.5	7.3	7.3	5.4	6.3	7.1
最高速度 (km/h)	13.1	10.4	12.5	16.1	10.8	11.3	11.8
最高心拍数 (bpm)	194	167	176	167	197	188	172

表4 上り時における走行時間, 平均速度, 最高速度, 平均心拍数および最高心拍数

測定項目	被験者						
	A	B	C	D	E	F	G
走行時間 (sec)	90	148	95	85	106	135	128
平均速度 (km/h)	6.7	3.8	6.3	6.5	5.5	4.8	4.7
最高速度 (km/h)	10.0	7.5	9.0	9.1	9.7	8.0	9.5
最高心拍数 (bpm)	196	175	174	171	199	191	174

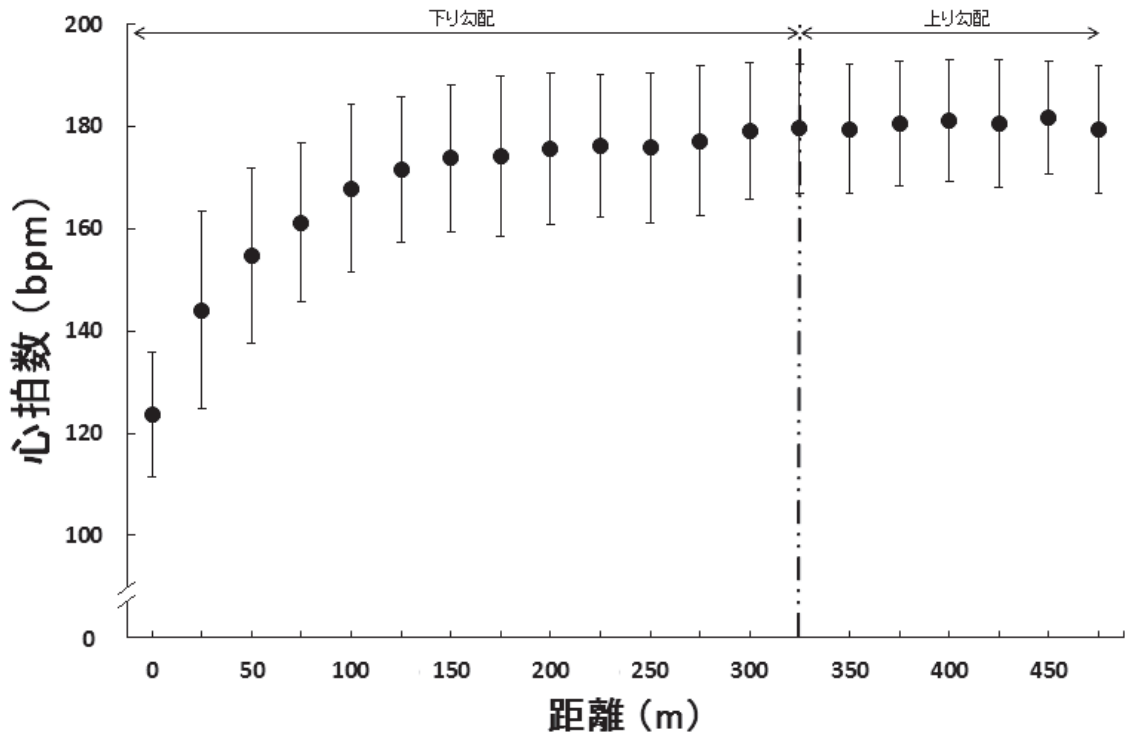


図3 クロスカンリースキーにおける心拍数変化

表5 下り時および上り時終了前100m から終了までの平均心拍数

被験者	測定項目	下り時の心拍数 (bpm)	上り時の心拍数 (bpm)
A		193	195
B		164	172
C		175	174
D		165	170
E		196	197
F		187	188
G		166	172

表6 最大心拍数に対するパーセンテージ(% MHR)

被験者	測定項目	下り時 %MHR	上り時 %MHR
A		100.5	101.6
B		97.1	101.7
C		109.3	108.1
D		86.1	88.1
E		99.0	100.0
F		95.9	97.4
G		92.5	93.5
Mean		97.2	98.6
SD		7.2	6.4

## 文 献

- 1) 首藤匠, 川初清典, 三輪浩二, 山本敬三, 晴山紫恵子, 下岡聡行, 清水孝一: クロスカンリースキー実競技中における筋電図のスペクトル解析. 信学技報, **107**(126), 5-8, 2007.
- 2) 公益財団法人全日本スキー連盟: スキー競技規則. [https://sajdb.xcat.co.jp/saj/doc/info/rule130912\\_01.pdf](https://sajdb.xcat.co.jp/saj/doc/info/rule130912_01.pdf), 13, 2013.
- 3) 北村辰夫: 新クロスカンリースキー. 初版, 株式会社耕文社, 東京, 61-70, 1990.
- 4) ロナルド・クロフォード=カリー: クロスカンリースキー入門. 寺島憲治訳, 初版, 株式会社ベースボールマガジン, 東京, 60-61, 1984.
- 5) Erik Andersson, Matej Supej, Øyvind Sandbakk, Billy Sperlich, Thomas Stöggl, Hans-Christer Holmberg: Analysis of sprint cross-country skiing using a differential global navigation satellite system. *European Journal of Applied Physiology*, **110**, 585-595, 2010.
- 6) 藤田善也, 石毛勇介, 吉岡伸輔, 衣笠竜太, 土屋純: クロスカンリースキーのスタート局面におけるクラシカル走法の特徴. スポーツ科学研究, **8**, 3-11, 2011.

(平成26年11月13日受理)

## Effects of Gradient and Skiing Velocity on Heart Rate While Cross-country Skiing

Yu WATANABE, Tatsuya SAITO, Takuma WADA, Sotaro HAYASHI, Yugo MIYASAKA,  
Hiromi YANO and Sho ONODERA

(Accepted Nov. 13, 2014)

**Key words** : cross-country ski, classical style, heart rate, skiing velocity

Correspondence to : Yu WATANABE

Master's Program in Health and Sports Science  
Graduate School of Health Science and Technology  
Kawasaki University of Medical Welfare  
Kurashiki, 701-0193, Japan  
E-mail : [w6313002@kwmw.jp](mailto:w6313002@kwmw.jp)

(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.24, No.2, 2015 261 – 265)