クロスカントリースキー競技クラシカル種目におけるスキー板およびサブ走法の選択に関する研究：スケーティング走法専用スキー板を使用したダブルポーリング走法およびヘリンボーン走法に着目して

藤田 善也¹⁾ 桜井 義久²⁾ 石毛 勇介²⁾

Zenya Fujita¹, Yoshihisa Sakurai² and Yusuke Ishige²: A study of the choice of sub-techniques and skis for classical-style cross-country skiing: Focusing on the double poling and herringbone sub-techniques with skating-style skis. Japan J. Phys. Educ. Hlth. Sport Sci. 61: 271-279, June, 2016

Abstract : The purpose of this study was to identify differences in (1) total skiing time and (2) lap time for different course situations in cross-country skiing (uphill, flat and downhill) between classical-style sub-techniques using classical skis and double poling and herringbone sub-techniques using skating skis. The subjects were 5 college cross-country skiers who performed at maximal effort in 2 different trials: classical-style sub-techniques while wearing classical-style skis (CL), and double poling and herringbone sub-techniques while wearing skating-style skis (DP). Skiing velocity was measured with a global navigation satellite system module and mobile PDA. The sub-techniques employed were recorded with a small video camera. It was found that a strategy using DP (1) significantly increased the skiing time, (2) increased the skiing velocity on downhill and decreased it on uphill, and (3) was associated with a tendency to use double poling on uphill.

Key words : skiing velocity, racing strategy, non-wax skis

キーワード：滑走速度，レース戦略，ノーワックススキー

1. 緒 言

クロスカントリースキー競技は、両手に装着したポールと両足に装着したスキー板を用いて雪上に設けられたコースを滑走し、その所要時間を競う競技である。同競技は、スキー競技規則（公益財団法人全日本スキー連盟，online）によってクラシカル種目とフリー種目の2種類に分けられている。クラシカル種目で行われるクラシカル走法は、スキー競技規則310.2.1.1より「クラシカル・テクニクに含まれるものとして、ダイアゴ

ナル，ダブルポール，グライドを伴わない開脚登行，滑降，ターン技術が挙げられる」と定義されている。このクラシカル走法に含まれるダイアゴナルとは、2本のスキー板を進行方向に対して並行に滑走させ、片方のポールによるプッシュ動作と反対側のスキー板によるキック動作をそれぞれ交互に行うダイアゴナル走法を指す（Figure 1）。またダブルポールとは、ダイアゴナル走法同様に2本のスキー板を進行方向に対して並行に滑走させ、両方のポールによるプッシュ動作と左右どちらかのスキー板によるキック動作を行うキックダブルポーリング走法と、キック動作を行わず両方

1) 早稲田大学スポーツ科学学術院

〒359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島 2-579-15

2) 国立スポーツ科学センタースポーツ科学研究部

〒115-0056 東京都北区西が丘 3-15-1

連絡先 藤田善也

1. Faculty of Sport Sciences, Waseda University

2-579-15 Mikajima, Tokorozawa, Saitama 359-1192

2. Department of Sports Sciences, Japan Institute of Sports Sciences

3-15-1 Nishigaoka, Kita-ku, Tokyo 115-0056

Corresponding author zenya.fujita@aoni.waseda.jp

Figure 1. Sub-techniques used in a classical-style skiing

のポールによるプッシュ動作を行うダブルポーリング走法を指す。さらに、グライドを伴わない開脚登行とは、スキー板をV字に開いて開脚登行するヘリンボーン走法を指す。なお、ヘリンボーン走法では上述の通り、スキー板をグライド（滑走）させることは認められておらず、滑走させた場合にはクラシカル走法違反と判定されて失格などの制裁が下される。

クラシカル種目では上述の4種類のサブ走法が用いられており、2本のスキー板をV字に開いて滑走させることが制限されている。クラシカル走法専用のスキー板はダブルキャンバーという弓形の構造になっており、板のセンター（中央）部分がトップ（先端）、テール（後端）部分に比べて張りが強く、両足で荷重した時にはこの部分が雪面から浮いた状態になり、片足で強く荷重した時には雪面に接地する状態になるように作られている（財団法人全日本スキー連盟, 2000, p. 107）。そのため、このセンター部分にグリップワックスと呼ばれる摩擦係数の高いワックスを塗布することでスキー板の滑走とキック動作を両立させることが可能となる。

一方、フリー種目では、競技規則310.2.2「フリー・テクニクには、すべてのクロスカントリー・スキー・テクニクが含まれる。」とされており、グリップワックスを使用しない滑走性に

優れたスケーティング走法専用のスキー板を用いて、2本のスキー板をV字に開いて滑走させるスケーティング走法を用いるのが一般的である。スケーティング走法専用のスキー板はシングルキャンバーというアーチ状の構造になっており、雪面との抵抗を抑えるため雪面に比較的均一に圧力がかかりやすくなっている（財団法人全日本スキー連盟, 2000, p. 108）。このスケーティング専用のスキー板を使用したスケーティング走法による滑走はクラシカル走法による滑走と比較して15 km 競技では2—3分の時間短縮がされるといわれている（財団法人全日本スキー連盟, 2000, p. 45）。選手は、ポールによるプッシュ動作に加えて、V字に開いたスキー板を内傾させる「エッジング」によって雪面との摩擦抵抗を大きくし、脚を伸展するプッシュオフ動作を左右交互に行って推進力を獲得する。なお、下り坂ではクラウチング姿勢でのダウンヒル滑降が兩種目で用いられる。

近年、競技コースの環境やクロスカントリースキー競技用具の高性能化によって、ダブルポーリング走法の使用頻度が高まっていることが指摘されている（Carlsson, et al., 2013, p. 582）。また、国際スキー連盟（International ski federation, 以下「FIS」と略す）主催のワールドカップにおいて短い距離で行われるスプリント競技や、アッ

ブダウンが比較的緩やかな長距離レースのマラソンカップでは、スケーティング走法専用のスキー板を選択し、ダブルポーリング走法のみで滑走する選手がいることも指摘されており (Carlsson, et al., 2013, p. 582), クラシカル種目のレース内容が変化してきているといえる. さらに2014年12月にスイスのダボスで行われた FIS 主催のワールドカップ男子 15 km クラシカル種目 (気温4.8度, 雪温-0.6度) では, 参加選手88名のうち3名の選手がグリップワックスを使用しないスケーティング走法専用のスキー板を装着して主にダブルポーリング走法を用いて滑走し, 10位以内に入ったことが大きな話題となった. Figure 2は, 公開されているコースの標高 (Davos nordic, online) と選手の経過時間 (FIS, online) をもとに, 上位入賞選手のうち通常のクラシカル走法で滑走した選手2名 (1, 2位) とスケーティング走法専用のスキー板を使用し, ダブルポーリング走法およびヘリンボーン走法のみで滑走した選

手3名 (3, 7, 10位) のそれぞれの経過時間の差を示したものである. スケーティング走法専用スキー板を選択した選手は, トップ選手に対し上り坂 (0.0—2.8 km 区間, 5.0—7.8 km 区間および10.0—12.8 km 区間) では差をつけられていたが, 下り坂 (2.8—5.0 km 区間および7.8—10.0 km 区間) では差を縮めていたことが示されている. これらの結果から, スケーティング走法専用スキー板を選択した選手は, 上り坂でつけられた差を下り坂で縮めるようなレース展開をしていたこと, このようなレース展開が結果的に出場選手の中では上位成績を獲得することに関与したことが推察される. これらをまとめると, スケーティング走法専用スキー板を使用したダブルポーリング走法を用いてクラシカル種目に出場する選手が増え, この新たな戦略が競技パフォーマンスに大きく関連していることが考えられる.

しかしながら, 他の期間に同コースで行われたレースや, 2014—15シーズンに開催された FIS

Figure 2. Course instruction and differences of elapsed time in 2014–15 FIS World-cup (Davos, SUI) 15 km classical

CL: used classical style skis and 4 sub-techniques (see Fig. 1)

DP: used skating-style skis and double-polling and herringbone technique

Modified from Aebi 5 km–Profil 2014 (Davos nordic, online), and FIS cross-country world cup presented by Viessmann 3rd world cup competition Davos (SUI) men 15 km classic individual results (FIS, online).

ワールドカップの他のレースでは、選手がスケーティング走法専用のスキー板を選択したという報告は見当たらず、競技レベルが非常に高い選手でもその選択の機会は限られているといえる。上述のダボス大会で優勝したノルウェー代表の Martin Johnsrud Sundby 選手は、レース後のプレスカンファレンスに対し、“It was a big dilemma... I thought that non-wax skis was going to be the fastest ones today, but the conditions changed a bit. It was a bit softer today. But the klister was slower. Until one minute before I started I had decided to do skate skis. But I changed my mind.” 「(和訳) 大きなジレンマがあった…今日はノーワックススキーが一番速いと思っていた。しかし(コースの)コンディションに微妙な変化があった。今日は(昨日までと比較して)ややソフトだった。ただし、クリスター(キックワックスの一種)では遅くなる。スタートの1分前にスケーティング走法専用の板での出走を決めた。しかしながら、(土壇場で更に)自分の考えを変えた。」と述べている(Fasterskier. com, online)。このことは、競技レベルの高い選手が雪質のコンディションによって、スケーティング走法専用のスキー板の選択が有利となる場合があることを実践知として備えている一方で、これらの選択が非常に難しいことを示唆するものである。しかしながら、これまでにクラシカル走法およびスケーティング走法専用のスキー板の選択とクラシカル種目の競技パフォーマンスとの関連を明らかにした研究は見当たらない。そのため、スケーティング走法専用のスキー板を選択し、限られた走法のみで滑走した場合の競技中のパフォーマンスの変化については広く知られていないのが現状である。したがって、スキー板の種類と走法の選択による競技パフォーマンスの変化を明らかにすることができれば、スキー板の選択をする際にコース全体のレイアウトやレースの展開を把握、予想してレース戦略を構築するうえで重要な知見となろう。

そこで本研究の目的は、クロスカントリースキー競技クラシカル種目において、従来のクラシカル走法での滑走とスケーティング走法専用ス

キー板を使用したダブルポーリング走法およびヘリンボーン走法による滑走による(1)コース全体の所要時間、(2)コースレイアウト別の所要時間および使用された走法を比較することで、同競技におけるレース戦略を構築するための基礎資料を得ることとした。

2. 方 法

2.1 被験者

被験者は、大学に所属する男子クロスカントリースキー選手5名(年齢: 20.2 ± 1.3 歳, 身長: 171.6 ± 6.3 cm, 体重: 67.3 ± 3.5 kg)であった。実験に先立ち、口頭により実験の概要を説明したうえで、書面によるインフォームドコンセントを得た。なお本研究は、国立スポーツ科学センター倫理審査委員会の承認を得て実施された(承認番号: 平成26年度 第33号)。

2.2 実験環境および試行

実験は、北海道旭川市クロスカントリースキーコース内の3.1 kmの区間を用いて実施した。同日の天候は曇りのち雪(湿雪)、気温6.2度、雪温-0.8度であった。コースレイアウトはFigure 3に示した。被験者に十分なウォーミングアップをさせたのち、被験者自身がクラシカル種目で使用しているグリップワックスを塗布したスキー板およびポールを装着させ、コースを最大努力で滑走させた。その際、被験者はクラシカル種目のサブ走法を自由に選択して滑走するように指示した(以下「クラシカル試行」と略す)。さらに、上記の滑走後、1時間以上の休憩をさせたのち、被験者自身がフリー種目で使用しているグリップワックスを塗布していないスキー板およびクラシカルおよびフリー種目のどちらかで使用しているポールを装着させ、同様のコースを最大努力で滑走させた。被験者が選択したポールは、全てクラシカル種目用であった。その際、ダブルポーリング走法およびヘリンボーン走法のいずれかを使用し、クラシカル種目のダイアゴナル走法とキックダブルポーリング走法、スケーティング走法は行わな

Figure 3. Course instruction in this study

いで滑走するように指示した（以下「ダブルポーリング試行」と略す）。

2.3 データ収集

滑走中の被験者の滑走速度は、全地球航法衛星システム（Global navigate satellite system, 以下「GNSS」と略す）内蔵のデータ収集モジュール（SX Blue II GNSS, GENEQ Inc., Canada）を用いてサンプリング周波数 10 Hz で計測し、小型 PDA（TNJ32, Trimble Navigation Ltd., USA）に記録した。滑走中に被験者が使用したサブ走法は、小型広角ビデオカメラ（HDR-AS15, Sony Marketing Inc., Japan）を被験者の胸部下向きに取り付けてサンプリング周波数 120 Hz で撮影した。GNSS モジュールとビデオカメラの同期は、GNSS モジュールの記録開始時に発光させた LED をビデオカメラに映しこませることで行った。被験者の平均および最高心拍数は、腕時計型心拍モニタ（fenix 2 J, Garmin Ltd., USA）を用いて記録した。滑走後の血中乳酸濃度は、指先より採血し、血中乳酸濃度測定器（ラクテート・プロ 2_{TM}, Arklay Inc., Japan）を用いて計測した。

2.4 データ解析

滑走中に用いられたサブ走法は、撮影された映像を PC に取り込み、公益財団法人全日本クロスカントリー連盟公認クロスカントリー検定員資格を有する実験者 1 名が、滑走中のサブ走法を目視で確認して 1 サイクルごとに記録した。1 サイクルは、ボールの接地から次のボールの接地までと定義した。1 サイクルごとに記録されたサブ走

法中の滑走速度とストライド長は、サイクル開始から終了までのそれぞれの GNSS データの平均値とした。さらに、コースを 100 m ごとの区間に分割して、各区間の合計登高、平均斜度、平均速度を算出した。また各区間で使用されたサブ走法の割合は、サブ走法ごとにストライド長を合計して算出した。

2.5 統計解析

クラシカル試行とダブルポーリング試行との所要時間、平均および最高心拍数、血中乳酸濃度および 100 m ごとの平均速度の差は、Wilcoxon の符号付順位検定を用いて解析した。危険率は 5% 未満を有意、10% 未満を有意傾向とした。

3. 結 果

各試行の所要時間は、クラシカル試行（ 643.0 ± 62.2 s）がダブルポーリング試行（ 677.8 ± 45.1 s）と比較して有意に短いことが示された（Table 1）。また各試行の平均および最高心拍数には有意差がみられないものの、血中乳酸濃度は、クラシカル試行（ 14.4 ± 2.7 mmol/L）がダブルポーリング試行（ 12.4 ± 2.0 mmol/L）と比較して有意に高いことが示された。

各試行の 100 m ごとの滑走速度は、700—1100 m 区間の上り坂（平均登高：9.1—18.8 m/100 m）、1700—1900 m 区間の上り坂（平均登高：12.1—12.7 m/100 m）、2200—2300 m 区間の上り坂（平均登高：9.5 m/100 m）において、クラシカル試行がダブルポーリング試行と比較して有意に

Table 1 Time, Heart rate, and Blood lactate during each trials

	CL	DP	z	p
Time (s)	643.0 ± 62.2	677.8 ± 45.1	-2.023	0.043
Heart rate (bpm)				
Average	159.2 ± 6.2	157.2 ± 7.2	-1.089	0.276
Peak	173.6 ± 6.0	173.8 ± 7.4	-1.089	0.276
Blood lactate (mmol/L)	14.4 ± 2.7	12.4 ± 2.0	-2.023	0.043

Figure 4. Skiing velocity during each trials and the course instruction

高いことが示された (Figure 4). なお同区間では、クラシカル試行では主にダイアゴナル走法とヘリンボーン走法が用いられていたこと、ダブルポーリング試行では主にダブルポーリング走法とヘリンボーン走法が用いられていたことが示された (Figure 5).

また、各試行の 100 m ごとの滑走速度は、1300—1400 m 区間の比較的緩やかな下り坂 (平均登高: -6.9 m/100 m), 2700—2900 m 区間の平地 (平均登高: -3.1 — -2.4 m/100 m) において、ダブルポーリング試行がクラシカル試行と比較して有意に高い傾向が示された. なお同区間では、クラシカル試行とダブルポーリング試行の両試行において、主にダブルポーリング走法およびダウンヒル滑降が用いられていたことが示された.

クラシカル試行では、スタート後の平地と緩やかな上り坂 (0—600 m 区間) では主にダブルポー

リング走法とキックダブルポーリング走法が用いられ、その後の上り坂 (600—1100 m 区間) では主にダイアゴナル走法とヘリンボーン走法が用いられていた. また、下り坂 (1100—1700 m 区間) では主にダウンヒル滑降とダブルポーリング走法が用いられ、次の上り坂 (1700—1900 m 区間) では主にダイアゴナル走法が用いられていた. さらに、下り坂 (1900—2200 m 区間) では主にダウンヒル滑降とダブルポーリング走法が用いられ、次の上り坂 (2200—2300 m 区間) では主にダブルポーリング走法とヘリンボーン走法が用いられ、その後の下り坂と平地 (2300—3100 m 区間) では主にダウンヒル滑降とダブルポーリング走法が用いられていた (Figure 5).

一方、ダブルポーリング試行では、全体を通してダブルポーリング走法の使用割合が高いことが示された. また、主に急な上り坂 (1000—1100 m 区間, 2200—2300 m 区間) で用いられていた

Figure 5. The percentage of used sub-techniques during classical trial (CL, top) and double poling trial (DP, bottom). DH: downhill, DP: double poling, KDP: kick double poling, DS: diagonal stride, and HB: herringbone technique

ヘリンボーン走法はクラシカル試行よりも使用割合が低いことが示された。

4. 考 察

本研究では、両試行において運動強度の指標となる心拍数が同程度であること、およびクラシカル試行の血中乳酸濃度が有意に高値であることが示された。実際の競技会においては、フィニッシュ後の血中乳酸濃度が 9.5 mmol/L 程度であること (Rusko, 2003, p. 9) が示されている。これらのことを踏まえると、サブ走法を制限したダブルポーリング試行においては、クラシカル試行と比較すると同程度かやや低い運動強度であったものの、両試行とも実際の競技会と同等の運動強度の滑走運動が行われていたといえよう。

4.1 各試行の所要時間、区間ごとの所要時間

本研究では、クラシカル試行の所要時間はダブルポーリング試行と比較して短いことが示された。このことは、本研究が行われた際の雪質のコンディションでは、クラシカル試行で滑走することが高いパフォーマンスを発揮するうえで必要な条件であったといえる。これはスケーティング走

法専用のスキー板が使用されなかった他のワールドカップと同様の雪質のコンディションで実験が行われたことを示唆するものである。しかしながら、比較的緩やかな下り坂や平地の区間ではダブルポーリング試行がクラシカル試行と比較してより高い滑走速度を獲得していたことが示された。このことは、コースレイアウトを区分して評価すると、従来のクラシカル種目で使用されるクラシカル走法専用のスキー板とサブ走法を用いるよりも、スケーティング走法専用のスキー板とダブルポーリング走法およびヘリンボーン走法を用いたほうが滑走速度を高められる区間があることを示唆するものである。そこで、これらの結果を踏まえて、コースレイアウト別に両試行の違いを検討した。

4.2 各試行の区間ごとに使用された走法

コースレイアウト別にみると、全体のうち計 700 m の上り坂区間では、クラシカル試行の滑走速度はダブルポーリング試行と比較して有意に高いことが示された。クラシカル試行ではこの上り坂の区間において滑走速度を高められたことが、全体の所要時間の短縮に貢献したといえる。この上り坂区間において、選手は主にダイアゴナル走

法とヘリンボーン走法を用いていたことが示された。これらの結果は、上り坂ではクラシカル走法専用のスキー板を使用したダイアゴナル走法およびヘリンボーン走法が、スケーティング走法専用のスキー板を使用したダブルポーリング走法およびヘリンボーン走法よりも高い滑走速度を獲得できる組み合わせであることを示唆するものである。

一方、全体のうち 100 m の比較的緩やかな下り坂区間と 200 m の平地区間では、ダブルポーリング試行の滑走速度はクラシカル試行と比較して高い傾向が示された。この緩やかな下り坂区間および平地区間において、選手は主にダブルポーリング走法およびダウンヒル滑降を用いていたことが示された。これらの結果は、緩やかな下り坂や平地ではスケーティング走法専用のスキー板とダブルポーリング走法およびダウンヒル滑降が、クラシカル走法専用のスキー板で同様の走法を行うよりも高い滑走速度を獲得できる組み合わせであることを示唆するものである。同区間において滑走速度を高めた要因には、スケーティング走法専用のスキー板には摩擦抵抗を高めるグリップワックスが塗布されていないために摩擦抵抗が少ない状況で同区間を滑走したことが考えられる。

また各試行では、0—700 m 区間の平地、1100—1300 m、1400—1700 m、1900—2200 m、2400—2700 m の各区間の下り坂、および 2900—3100 m 区間の平地において滑走速度の差がみられなかった (Figure 4)。これまで明らかとなったスケーティング走法専用のスキー板を使用した場合の利害を踏まえると、これらの区間では少ない摩擦抵抗で滑走速度を高められるメリットと、キック動作を要するサブ走法を用いることができないデメリットが相殺されたことが、滑走速度に差がみられなかった一因であることが考えられる。しかしながら、両試行においてダウンヒル滑降およびダブルポーリング走法のみを用いている区間も存在することから他の要因が関与していることが推察される。他の要因を明らかにするためには、さらに詳細な研究が必要であろう。

本研究では、ダブルポーリング試行中にダブルポーリング走法を多く用いていることが示され

た。また、クラシカル試行中ではヘリンボーン走法を用いていた急な上り坂の区間において、ダブルポーリング試行にはヘリンボーン走法の使用割合が低いことが示された。選手がより滑走速度を高めるためにサブ走法を選択していたことを踏まえると、スケーティング走法専用のスキー板を使用した場合には、急な上り坂であっても、選手はヘリンボーン走法よりダブルポーリング走法を用いるべきであると判断していたといえる。言い換えると、選手はスケーティング走法専用のスキー板を使用した場合には、急な上り坂においてヘリンボーン走法の滑走速度が低下すると判断しダブルポーリング走法を多用したといえる。ダブルポーリング試行では急な上り坂においてより滑走速度を低下させていたことを踏まえると、一般的にはダイアゴナル走法やヘリンボーン走法を用いるような急な上り坂においてもダブルポーリング走法で滑走するための技術を習得しておき、急な上り坂で可能な限り滑走速度を低下させないための方策が必要である。また、ヘリンボーン走法を選択しない要因については、グリップワックスの有無やスキー板の違いによって同走法の技術にどのような変化があるのかを明らかにする等の研究がさらに必要であろう。

本研究結果をコースレイアウト別に評価すると、緩やかな下り坂や平地の区間においては、スケーティング走法専用のスキー板を選択することによってダブルポーリング走法およびダウンヒル滑降中の滑走速度を高められることが示された。このことは、コース全体を通して平地と緩やかな下り坂が多い場合には、雪質のコンディションに関わらず、スケーティング専用のスキー板の選択が競技パフォーマンスを高める可能性を示唆するものである。通常はコース設計の原則に基づき、「地形の配分は、登り 3 分の 1、平坦地と小さな起伏地 3 分の 1、下り 3 分の 1 が原則」(財団法人全日本スキー連盟, 2000, p. 160) とされているが、積雪の状況やスプリント競技、長距離レースのマラソンカップでは比較的緩やかなコース設計がされる場合もあるため、このような状況ではスキー板の選択が競技パフォーマンスを左右する

可能性が生じる。また、コースレイアウトや雪質のコンディションによっては、スケーティング走法専用のスキー板を選択し、コースの大部分を上肢のプッシュ動作のみで滑走したほうが有利な場合があることを本研究において示すことは、上肢の有酸素性持久力を高めるなどのトレーニングを見直すうえでも重要な示唆となろう。本研究の限界は、両試行の競技パフォーマンスの違いについて、雪質のコンディションが異なる場合や全体のコース設計が異なる場合については検討していないことである。今後、雪質のコンディションを定量する方法や、コースレイアウトに応じた選手のパフォーマンスの評価が進めば、状況に応じたレース前のスキー板の選択がより平易となり、競技パフォーマンス向上が期待できよう。

5. 結 論

本研究の目的は、クロスカントリースキー競技クラシカル種目において、従来のクラシカル走法での滑走とスケーティング走法専用スキー板を使用したダブルポーリング走法およびヘリンボーン走法による滑走とを比較することで、競技中のパフォーマンスの違いを明らかにすることであった。その結果、スケーティング走法専用スキー板を使用して滑走した場合、従来のクラシカル走法での滑走に比べて、(1)コース全体の所要時間が有意に増加すること、(2)上り坂では滑走速度が低下するが下り坂では滑走速度を増加させる傾向があること、および(3)ヘリンボーン走法を用いるような上り坂でもダブルポーリング走法を用いる必要性があることが明らかとなった。

文 献

- Carlsson, T., Carlsson, M., Hammarström, D., Marm, C., and Tonkonogi, M. (2013) Scaling of upper-body power output to predict time-trial roller skiing performance. *J. Sports Sci.*, 31: 582–588.
- Davos nordic. Aebi 5 km–Profil 2014. <http://data.fis-ski.com/pdf/2015/CC/3070/2015CC3070RL.pdf>, (accessed 2015–08–20)
- Fasterskier.com. Sundby takes narrow victory after equipment calculus, decision to stick to classic skis. <http://fasterskier.com/blog/article/sundby-takes-narrow-victory-after-equipment-calculus-decision-to-stick-to-classic-skis/>, (accessed 2015–08–20).
- International ski federation. FIS cross-country world cup presented by Viessmann 3rd world cup competition Davos (SUI) men 15 km classic individual results. <http://data.fis-ski.com/pdf/2015/CC/3070/2015CC3070RL.pdf>, (accessed 2015–08–20)
- 公益財団法人全日本スキー連盟. スキー競技規則2015年改訂版. https://sajdb.xcat.co.jp/saj/doc/info/rule151007_01.pdf, (accessed 2015–11–02)
- Rusko, H. (2003) Physiology of cross country skiing. In: Rusko, H. (ed.) Cross country skiing. Blackwell publishing, p. 9.
- 竹田正樹. (2001) クロスカントリースキー選手における上半身の有酸素能力の重要性. *体力科学*, 50: 542.
- 財団法人全日本スキー連盟. (2000) 競技スキー教程 クロスカントリースキー編. スキージャーナル, pp. 45, 107–108, 160.

(2015年8月28日受付)
(2016年2月17日受理)

Advance Publication by J-STAGE
Published online 2016/3/9