アルペンスキー選手の技術と体力

山根真紀 (日本福祉大学)

1. はじめに

アルペンスキー・ワールドカップレースではこれまでもスキーの回転技術を大きく変化させたできごとがあった。たとえば可倒式ポールの採用である。可倒式ポールはプラスチック製のポールの根元の部分にスプリングが内蔵されたことにより、わずかな力がポールに加わっただけで雪面から上に出ている部分が倒れる仕組みになっている。ワールドカップでは2シーズンの試験期間を経て82シーズンの初めから正式に採用された1.可倒式ポールが採用されたことによりポール通過時はスキーだけがポールの間を通り、膝から上はポールの外側を通るようになった。その結果滑走ラインがより直線的になり、これまでより圧倒的にポールに近いラインを通るようになった。

しかし 1996 年頃から使用されるようになったカ ービングスキーの登場は可倒式ポールの採用とは比 較にならない変化を示した. カービングスキーの板 の長さはそれまでより 30cm 以上短くなり、滑走ス ピードはおどろくほど高まった。カービングスキー を使用すると、それまで一部のトップスキーヤーの 技術としてとらえられていた横ズレの少ないターン、 いわゆるカービングターンが誰もが簡単にできるよ うになった。カービングスキーの登場は当然アルペ ンスキー競技へも大きな影響を及ぼした. 客観的な データを示すことはできないが、滑走姿勢やポール セットの変化が指摘されている. このシンポジウム では、日本スキー学会発足後20年間のアルペンスキ 一選手の体力と技術の変化に注目する。まず、アル ペンスキー選手の体力特性に関する研究成果をまと め、さらに、前述したカービングスキーの登場がア ルペンスキー競技にどのような変化をもたらしたの かについて検討する. 最後に今後の研究の課題や方 向性についてまとめる.

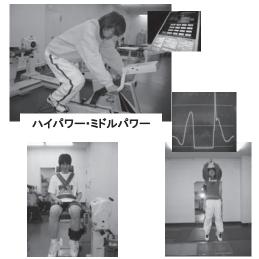
2. アルペンスキー選手の「体力特性」

アルペンスキー競技は回転、大回転、スーパー大回転、滑降、複合の5種目からなる。競技時間は回転競技の50秒前後から滑降競技の2分30秒前後までで、競技に要する時間を考えた場合、無酸素性エネルギー供給機構が主に働くと考えられる。したがって競技力と体力の関係を考える場合、無酸素性パワーが高いほど競技力が高いことは容易に推測でき、実際にBrown SL et.al (1983)², White AT et.al (1993)³ らによって報告されている。一方、競技力と脚筋力にも相関関係があり、アメリカや日本のナショナルチームの選手を対象に競技レベルの高い選手ほど脚筋力、特に脚伸展力が高いことが報告されてきた4.

1991年に日本スキー学会が発足し、本学会会員の 先生方を中心にさまざまな発表がなされてきた. そ の中でアルペンスキー競技選手の体力特性に関する 研究では写真1に示したような方法で行われた体力 測定の結果から検討された研究が多くみられ、一流 選手やジュニア選手を対象にパワー発揮特件や脚筋 力特性、競技力と体力の関係、ジュニア選手の発育 発達との関係などが報告されてきた. 小林ら (1991) 5.6は、男子 Jr アルペンスキー選手のパワー発揮はシ ニア選手と遜色なく、特に非乳酸性パワーは他の種 目の選手と比較しても高い値であったことを報告し ている. 競技力に FIS-ポイントを用いて体力との 関係を調べた相原ら(2008)7の研究では、最大酸素 摂取量と FIS-SL ポイントは相関が認められなか ったが、脚筋力では相関関係が認められている. ま た塩野谷(1991) 8も Jr アルペンスキー選手の競技 力と体力の間に有意な相関関係が認められた報告し ている.

女子アルペンスキー選手の体力特性を調べた山根 (1997) %は、ジュニア選手は無酸素性パワーと脚筋力でシニア選手より劣っており、競技力との関係で

は、競技力が高いほど脚筋力が高いとが報告している。また塩野谷(1991)は、女子は男子に比べ競技力と体力の関係がそれほど強力の関係がそれほど強子は脚筋力と競技力には一定の関係が認められるが、それ以外の体力要素には男子選手のはある。



脚筋力(伸展・屈曲)

垂直とび・スクワットジャンプ

写真1 体力測定の方法

以上のように、一流のアルペンスキー選手は無酸素性エネルギー供給機構に優れており、加えて脚筋力が高いことも重要な体力特性である。日本選手においては男子では JR 選手も体力的に優れているが女子選手は男子選手ほど明らかではない。女子選手を強化する上で体力強化は重要な要因となりそうである。

一方、石毛10,11,12はカービングスキーの登場によって選手の身体の使い方、具体的には股関節の使い方が変化してきたと推察している。技術レベルの異なるアルペンスキー選手を対象に股関節運動として代表的なスクワットジャンプ(SQrep)を連続で行った際のパワーを比較した。その結果競技レベルが高い集団ほど SQrep の結果が高かった。その要因として股関節伸展トルクにおける大腿二頭筋の果たす役割が重要で、特に大腿二頭筋の SSC(ストレッチショートニングサイクル)としての働きが重要である、と報告している。加えて、パフォーマンス向上や傷害予防の面から選手の身体の使い方を検討し、具体的なデータの提示することが重要で、今後の課題であるとまとめている。

アルペンスキー選手のパフォーマンスを向上させる上で体力強化は重要な要因であるが、カービングスキーに対応した動き作りあるいは傷害予防のための選手の身体の使い方といった観点での研究も今後さらに必要となろう。今後の研究が待たれるところ

である.

3. アルペンスキー選手の「技術」

アルペンスキー競技の技術を調べるために用いられる手法に動作分析がある.動作分析では、スキーヤーの滑走フォームを数台のデジタルビデオカメラや高速度ビデオカメラで撮影し、得られたデータをもとにコンピュータを用いてさまざまな変量を計算する.実際の競技場面では不可能だが、実験的に行う場合には、筋電図により筋活動をとらえたり、スキーブーツに圧力センサーを埋め込み足裏の荷重分布を計測したりすることができる.

ローパワー

実際の競技場面で競技レベルの高い選手を対象に した研究は国内外を検索してもかなり少ない.これ らの研究は雪上で行われるため、実験室で行う研究 とは異なった困難さがある.たとえば機材の搬入は ほとんど自力で運ばなければならなので重労働であ る.また屋外の山の中ということで電源の確保が容 易でない.さらに天候に左右される、撮影のための カメラ設置場所が直前にならないと決められない、 撮影範囲が狭い等々の問題点がある.

このような困難を克服して得られた画像は「デジタイズ」という操作によってスキーヤーの身体各部の座標点を求める。実はこの「デジタイズ」操作にも、雪の影響でスキー板が正確に見えないとかカメラと反対側の身体部位が見えないとかいった問題が

あるが. 座標値が数値として求められれば後は必要な分析が容易にできる.

このような手法を用いてアルペンスキー技術を定量化し、①スキルレベルの異なる選手間の比較、② 一流選手の成功や失敗例の比較、③斜面の緩急による技術の比較などを行う.

比較をする場合,何を分析項目とし,そこから何がわかるのかを理解することは動作分析の結果を理解するうえで重要なことである.そこで実際の競技場面の動作分析や筋電図分析を行った文献を参考にそれらの分析項目を取り上げ,そこからわかる技術要因を解説する.参考にした文献は,高速度ビデオカメラによる回転,大回転を撮影(三次元分析)した研究13,14,15とワールドカップ入賞選手の回転競技中の下肢筋電図,股・膝関節角度とVTR撮影を行った研究16である.

<主な分析項目>

- 1) スティックピクチャー: 滑走中のスキーヤーの 身体各部位,ならびにスキー板,ストックを画像 上でプロットし,3次元座標に変換する.こうす ることで任意の方向からスキーヤーの滑走動作 を表示できる.
- 2) 身体重心: 身体の各部分に作用する重力を一つにまとめた合力の作用点が身体重心で、全身の運動を表す代表点である. 滑走中の身体重心の速度は、ターン中の加速や減速の様子を表し、スキルの高い選手と低い選手の重心の速度のちがいやターン後半の減速パターンのちがいなどを観察できる. また、斜面上の重心の軌跡はいわゆるライン取りを示している.
- 3) ターン中のスキーの軌跡: 左右のスキーを別々に示すことで、滑走ラインやスキーヤーのスタンスを示す指標となる. ターン外側のスキーの軌跡を斜面上から見ると、スキーのズレ幅がわかる. 100分の1秒を争う競技の世界ではスキーが横ずれを起こすことはミスを意味している. また、ターン外スキーの重心の軌跡からスキーの回転の程度(曲率)をグラフ化して、曲率半径を求めることができる. 長野オリンピックのデータでは最小で7.6m まで変化している.

- 4) スキーの迎え角: スキーがたわんでいないとき、スキーの長軸方向のベクトルとスキー板の重心の速度ベクトルのなす角度を迎え角といい、この角度が大きいと横ずれが多く、小さいと横ずれが少ない、迎え角は横滑りのときに最大になる。
- 5) 下腿の内傾角: スキー長軸に垂直な平面において, 足関節中心から膝関節中心に向かう下腿ベクトルと斜面に垂直なベクトルとのなす角のことで, スキーの角づけ操作に関連する指標である. この角度が大きいほど角づけが大きい.
- 6) 重心の内傾角¹⁷:回転する力を得るために、身体の重心がターンの内側に位置するとき、荷重点と重心を結んだ線と垂直線がなす角度のこと。ターンの外側と内側のそれぞれの脚の内傾角を求めることができる。重心の内傾角はターンに必要な求心力に影響している。
- 7) 回転の周期:総旗門数を総滑走時間で除した値は回転の周期を表す. ちなみに長野オリンピック女子回転の1本目,2本目はそれぞれ1.26Hz,1.34Hzであった.

このような分析項目をふまえ、動作分析を行った結果、次のようなことがわかった.

- ① ターン中の外スキーの軌跡は、旗門通過以後急激に回転し、その後スキーは直線的に進み再び回転していくという特徴を示し、成績上位者ほど旗門に向かって直線的に重心を移動している。ちなみに長野オリンピック女子回転競技では、ターン時の曲率半径は最小で7.6mまで変化し、かなり小さい曲率半径が要求されている。
- ② 身体重心は、現在の回転競技では、完全に 旗門の内側を通っている.
- ③ 成績上位者ほどターン中、スタンスが一定 に保たれ、減速要素が少ないターンをしてい る.
- ④ 両脚を同調させ、左右のスキー板や脚が同じような動きをするようになってきた。実際、成績上位者ほどその傾向が強くなっている.

⑤ 左右の脚の同調させるためには、ターン内側と外側の脚を同じように内傾させる必要がある。トップクラスのスラローマーは特に内スキーをより内側に傾けることができ、身体の内傾角度をより大きくし、内側に傾けてターンをしている。

これらの結果は、滑走中のスキーヤーの身体の動きを把握する上で貴重な情報を与えてくれるとともに、選手を指導する上でより具体的なアドバイスが可能となる.

4. カービングスキーの登場

カービングスキーはスキー板のトップとテールの 部分がより太く、中央部がくびれている、いわゆる 「しゃもじ」のような形状のスキー板¹⁸のことで、一 般には R<30m のスキーを示しているようである.

カービングスキーの原型は「エルゴ」(クナイスル) または「パラボリック」(エラン)といわれており、 1992年ごろのカタログに登場している. しかし競技 スキー用ではなくレクリエーションスキーとして掲 載されていたにすぎなかった. 児玉19は「初めてカー ビングスキーが登場したのは、1992年に安比で開催 された世界スキー教師選手権大会において、スロベ ニア代表が使用した 2m 余りあるスキーであった. カービングスキーの特徴であるトップとテールを幅 広くした板は、当時、ジャンプスキーを製造できる 技術を持ったメーカしか作れなかった(エランやク ナイスル)」と報告している。また日本では、当時日 本スポーツ輸入協会理事の小池20が「1997, 1998の 2シーズンに、苗場スキー場及びSAJの協力を得て メディア・マスコミ対策の試乗会を開催した. 」と報 告し、さらに塚脇21も「1997/1998年シーズンが日本 における本格的なカービングスキーの元年になるこ とがほぼ確実となっている」と述べているように、 このシーズン以後、日本国内でもカービングスキー の使用が急激に広がっていった.

競技スキーにおけるカービングスキーの普及につ

いて当時の表彰台の写真や新聞記事を調べてみると、 W-CP では 1999 年シーズンから混在するようになり、2001 シーズンはほとんどの選手がカービングスキーに移行しているようである.

カービングスキーの登場によるアルペンスキー選手の動きの変化

カービングスキーの登場によって、カービングタ ーンという横ズレの少ないターンを誰もが簡単に行 えるようになった. もちろんトップ選手においても, 身体の使い方が大きく変化しているようである. こ の点いついての定量的なデータはほとんど見られな いが,三浦ら22は全日本スキー連盟の有資格者を対象 にカービングとスキッディングのターン動作の比較 をおこなっている. それによればカービングターン はスキッディングターンに比べ横ずれが少なく、脚 の内傾角が大きい傾向が認められ、速度もカービン グターンの方が大きかった. このことからカービン グターンはスキッディングターンに比べより大きな 遠心力が加わり、遠心力に対する傾きが大きくなっ ていると報告している. さらに前述した石毛ら (1998) (2007), 高野ら (2001) の報告と合わせ ると、カービングスキーの登場によってアルペンス キー選手の身体の使い方は次のように変化している ようである.

- ① 両脚同時操作(両脚を左右対称にしてスキーを操作する)
- ② スタンスが一定しかつ広くなっている
- ③ ターン時、内脚をより内側に傾ける(内傾角の増大)

さらに石毛(2007) は骨盤の前傾(骨盤をより前傾させた状態でターンを行う)に関しても変化が認められると報告し、これは滑走中の股関節の使い方が変化してきていると推察している.

一方で、カービングスキー が登場し、競技中の滑走速度 が上昇してきた. 表1は志賀 高原焼額山(長野県)で開催 された 1998 年の長野オリン ピックと 2006 年の FIS ワー ルドカップ第9戦の回転競技 のコースコンディションをあ らわしている. 最大斜度や平 均斜度はやや小さくなってい るが全長は同じである. この コースに対し石毛は、「ターン の周期(リズム)については 大きな変化はないというこ とになる. よって,8年間 で変化したのは、ターンの リズムではなく滑走速度自 体が変化したといえよう... さらに「カービングスキー の登場により、ターンの減 速要素がより小さくなり滑 走スピードが大きくなった と考えられる.」と報告して いる. この傾向は回転競技 ばかりでなく大回転競技で も見られる.

カービングスキーが登場し10年以上経過した。その

間選手はより質の高いカービングターンを求めて体の使い方を変化させてきているようであるが、果たしてその方向性は正しいのだろうか. それについて科学的な根拠が示されているかは疑問の残るところである. また、滑走速度の増大による障害発生の危険性も問題視されている. 国際スキー連盟 (FIS)はスキー板の長さ、最小回転半径、ビンディングの高さなどを規制し、滑走速度の規制に努めているが、用具の変化と身体の使い方の関係はほとんど明らかにされていない. 今後の研究が期待される.

6. 競技スキー発展のために、今後求めら

表1. ポールセットはどう変わったか

石毛(2007)より抜粋

| | 長野オリンピック | FIS W-CUP | | |
|-------------|-----------------|------------------|--|--|
| 開催日(種目) | 1998/2/21(SL) | 2006/3/10(SL) | | |
| 平均斜度(最大斜度) | 23.6° (37.5°) | 21.3° (30.1°) | | |
| 全長 | 607m | 607m | | |
| 旗門数(a) | 165 265 | 1)57 2)58 | | |
| 優勝者のタイム(b) | ①55.28s ②54.03s | ①46.24s ②50.42s | | |
| 優勝者平均時速 | 139.53 240.44 | 1)47.26 (2)43.34 | | |
| a/b(ターンの周期) | ①1.18Hz ②1.20Hz | ①1.23Hz ②1.15Hz | | |

滑走速度の上昇 傷害発生率の増加

表2. アルペンスキー競技種目別参加人数 ^{参照: JOC http://www.joc.or.jp/olympic/ 他}

| 開催地 | 選手 | SL(順位) | GSL | S-GSL | 複合 | DH |
|---------|----|-------------|-----|-------|----|----|
| 1992 | M4 | 3(18) | 3 | 3 | 2 | 1 |
| アルベールビル | F2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 1994 | M4 | 4(18•19) | 1 | 1 | 2 | 0 |
| リレハンメル | F1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1998 | M6 | 4(13-20-21) | 2 | 2 | 1 | 1 |
| 長野 | F4 | 4(17•20•24) | 4 | 1 | 1 | 0 |
| 2002 | M4 | 3(19) | 2 | 1 | 0 | 1 |
| ソルトレイク | F2 | 2(14•16) | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 2006 | M5 | 4(4.7.47) | 2 | 0 | 0 | 0 |
| トリノ | F3 | 3(27-29-38) | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2010 | M2 | 2(18) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| バンクバー | F0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

れる課題

日本スキー学会が発足以後 20 周年を迎えた. この間アルペンスキー界にカービングスキーが登場し、誰もがカービングターンを行えるようになり、競技スキー選手にも大きな影響を及ぼした. 今回このような機会をいただき、アルペンスキー選手の体力や技術について調べていく中で、カービングスキー登場以後の客観的なデータが十分でないことに今更ながら気づかされた. 長野オリンピックでの画像分析はカービングスキー以前のものであり、高野らの行ったインターハイでの画像データは大変参考になるものの、トップ選手と日本選手の回転技術や回転時

の体の使い方の比較, あるいは女子選手の画像データ解析という観点では十分ではないと考えられる.

一方、カービングスキーの登場により傷害発生のリスクが高まり、そのため FIS も用具の改良やスキー板の長さ制限といった・対策に乗り出している。このようなハード面の対応ばかりでなく、スキーヤーの身体の使い方を含めた技術的な課題、あるいは体力面での改善といったソフト面での対応は、カービングスキー登場以後少しずつ行われたようであるが、十分ではないようである。特に今後トップ選手を目指す Jr 選手の傷害予防に対する教育をどのように進めていくかは今後の重要な課題であろう。

表 2 に 1992 年アルベールビルオリンピック以後 のアルペンスキー競技の種目別・性別オリンピック 参加人数を示した. この表を見ていると二つの点が 気になった.一つ目は今年(2010年)のバンクバー オリンピック参加選手の激減である. 男子は前回の トリノが5名だったのに対し、今回はわずか2名、 女子にいたっては0名である。オリンピックでメダ ルあるいは入賞をめざすためにはオリンピックの経 験を積むということが重要であり、トリノで4位に 入賞した皆川選手は3回目のオリンピック出場でよ うやく手にした栄光である. その意味で、バンクバ ーオリンピックに女子選手が一人も出場できなかっ たのは大変残念なことであり、今後の女子選手の強 化方針は慎重に検討されなければならないであろう. 二つ目は 2002 年ソルトレイクオリンピック以後, もともと出場選手の少なかったスーパー大回転や滑 降といったいわゆるスピード系の出場選手がさらに 減少していることである。スピード系は世界に通用 しないから、日本では練習できないからといった理 由をよく耳にするが、心配なのはスピード系種目の 練習が少なくなることによるスキー技術への影響で ある. 実態を把握するとともに、必要な対策が望ま れる.

今回このレポートをまとめながらソチ五輪にむけ 私が最も心配したことは、男子選手からやや遅れを とってしまった女子選手をいかに強化するかという 点である. 女子選手は体力面でも技術面でも研究が 少ない. 早急に客観的なデータを収集し、女子選手 強化のための資料を蓄積し、現場で活かしていくことが急務である.

- ¹見谷昌禧 (1974): 新アルペン競技テクニック㈱ス キージャーナル, 12-13.
- ² Brown SL, Wilkinson JG (1983): Characteristics of national, divisional, and club male and alpine ski racers. Medicine and Science in Sports and Exercise 6:491-495.
- ³ White AT, Johnson SC (1991): Physiological comparison of international, national and regional alpine skiers.Int.J.Sports Med., 2(4):374-378.
- ⁴ Haymes EM, and Dickinson AL (1980): Characteristics of elite male and female ski racers.Med. Sci. Sports Exerc. 12(3):153-158.

5小林規(1991): アルペンナショナルチーム男子選手のパワー発揮特性に関する研究.スポーツ医・科学.5(2):25-30.

6小林規: 男子ジュニアアルペンスキー選手のパワー 発揮特性に関する縦断的研究 (1991): スポーツ医・ 科学, 5(2):31-36.

7相原博之・中川喜直・服部正明 (2008): 一流アルペンスキー選手の体力特性および競技成績 (FIS ポイント) との関連性について、東海大学紀要体育学部 38,79-85.

8塩野谷明 (1991): Jr アルペンスキー選手の体力と 競技成績の関係、トレーニング科学3(1): 43-49.

9山根真紀他(1997): 女子ジュニアアルペンスキー 選手の体力特性と体力評価,日本スキー学会誌 7 (1), 148-154.

10石毛勇介 (2007): スキーの分析と競技指導 (トリノ支援)日本臨床スポーツ医学会誌 15(2), 194・200.

11石毛勇介 (2001): 競技レベル別に見たアルペンスキーヤーの跳躍能力,体力科学50 (6),968.

¹²石毛勇介 (2002): アルペンスキーヤーを対象とした連続ジャンプ測定のパフォーマンスに影響を及ぼす要因の検討, 日本スキー学会第12回大会大会号, 68-69.

¹³石毛勇介ら (1998): 長野オリンピックとパラリンピックにおけるバイオメカニクス研究「アルペンスキー (回転競技) の場合, Jpn. J. Sports Sci. 2 (4), 274-280.

¹⁴高野大・三浦哲ら(2002): 全国高等学校スキー大 会男子回転競技における三次元解析,日本スキー学 会誌 12(1),153·166.

15 三浦哲, 三浦望慶他 (2002): 全国高等学校スキー大会男子大回転競技における三次元解析, 日本スキー学会第12回大会大会号, 56-57.

16山本周史他 (2001): アルペンスキースラローマー: 皆川賢太郎選手の特徴, Jpn. J. Sports Sci. 5 (4), 206-211.

17財団法人全日本スキー連盟編 (2009):日本スキー教程「スキー指導マニュアル編」スキー指導者必携, 221.

 18 石毛勇介(2007): スポーツパフォーマンスを解き明かす ふたたび 14 「アルペンスキー」,体育の科学 57 (1), 53 - 59

¹⁹児玉栄一 (2001): 基調講演「世界のスキー技術と 指導」, 日本スキー学会誌, 11 (1), 28-32.

20小池憲次 (2001):シンポジウム抄録「我が国におけるスキー用具市場規模及びカービングスキーの市場動向」日本スキー学会誌、11 (1),35:36.

²¹塚脇 誠 (1998): 日本におけるカービングスキーの指導方法論的一考察,日本スキー学会誌8 (1),121-132.

²²三浦哲ら (2001): カービングターン動作のキネマティクスから見た特徴ーカービングとスキッディングのターン動作の比較ー, 日本スキー学会誌, 11(1), 153-163.