1000m交互滑走の運動学的研究

A Kinematic Study on 1000m Diagonalstride

古川 善夫 : Yoshio FURUKAWA*

杉山 喜一 : Kiichi SUGIYAMA*

*北海道教育大学旭川校 : Hokkaido University of Education, Asahikawa College, 9-chome, Hokumon-cho, Asahikawa-shi, Hokkaido (070)

Abstract

The purpose of this study was to examine the relationship of the 1000m diagonalstride performance to technical factors. The subjects in this experiment were 25 male sports students ranging from 18 to 22 years old. Each diagonalstride at 150m and 950m spots was filmed at 52 frames/sec with a 16mm high speed camera. The kinematic parameters obtained in subsequent film analysis were stride length and stride rate.

In addition, phase structure, center of gravity, the angle of hip, knee, shoulder and elbow joint and trunk lean of 3 subjects at various speed were analysed. The results of this study are summarized as follows :

1) The mean time of the 1000m diagonalstride was 4min, 53sec, and the mean velocity was 250.7m/min.

2) Statistically significant correlation (150m spot : $r=0.71$ $p<0.01$, 950m spot : $r=0.77$ $p<0.01$) was observed between the velocity of diagonalstride and stride length. Reversal correlation between stride length and stride rate was statistically significant (150m spot : $r=0.77$ $p<0.01$, 950m spot : $r=0.57$ $p<0.01$)

3) The mean velocity of diagonalstride at the 150m and 950m spots was 244m/min, and 225m/min. The mean stride length at both spots was 2.25m and 2.00m. The decreases of velocity and stride length were significant statistically ($p<0.05$).

4) The higher speed subject showed a longer slide phase and shorter kick, still and pole plant phase than the lower speed subject. The C・G moved more horizontal to the ground in the kick phase and the angle between the C・G-foot and the ground in the glide phase was smaller. Movement characteristics of the higher speed subject were larger trunk lean and smaller knee angle at the change point. In the kick phase the hip joint of the glide leg wasn't bent. Trunk lean, hip and knee angle of both legs at kick off were larger than for the lower speed subject. In the glide phase the hip joint of the glide leg was extended. The hip and knee angles of both legs and the pole angle at the pole plant were larger.

I. 目的

今村ら^{4,5)}は現代日本のスキー領域をゲレンデスキー、山スキー、歩くスキーと捉え、日本で始めて歩くスキーを提唱した。そして、昭和55年から全日本スキー連盟のスキー教程¹⁷⁾にも歩くスキーが導入されるようになった。これらを背景に、北海道教育大学旭川校では寒冷地の生活に根ざしたスキーとして歩くスキーの授業を大学敷地内で実施している。その評価として歩くスキーによる1000m平地滑走（以下、1000m滑走と記す）を実施してきた。ところで、1000mスキー平地滑走は1500mスケート滑走とならんで文部省の運動能力テストの選択種目C群に加えられている。この選択種目はA群：歩及び走、B群：水泳、そしてC群：スキー及びスケートとなっており、各群とも「持久的な運動能力をみるテスト」とされている。しかし、実施上の留意事項では「滑降用スキーを用い距離競争用は使用しない」とされている。そこで、歩くスキーによる1000m滑走を検討する必要があるが生じてきた。

歩くスキーによる1000m滑走テストは日本で実施されていないが、ドイツのBubeら²⁾はSki-langlauf（スキー長距離走）の1000m、5000m滑走をテスト種目として取り上げている。そこで、本研究では歩くスキーによる1000m滑走を取り上げ、その運動学的特性について考察を試みることにした。

代表的な滑走技術である交互滑走について、北⁷⁾はクロスカンツリー・スキー選手を被験者として、交互滑走のピッチを増加させ、ピッチが1分間に120をこえすとストライドが減少してピッチの増加に関わらず滑走速度が減少したことを報告し、須田¹³⁾らは交互滑走による5000m平地滑走において初心者と中級者の滑走速度、ストライド、ピッチを比較し速度とストライドに顕著な差があったことを報告している。これらの報告は交互滑走技術において滑走速度とストライド及びピッチとの関係を検討することの重要性を示唆している。このような観点から、本研究では1000m滑走における滑走速度とストライド及びピッチの関係を検討した。

交互滑走については黒田ら⁹⁾、Waser¹⁶⁾の競

技中の選手の滑走フォームの比較、外川ら¹²⁾の技術差のある被験者の滑走フォームの比較、今村ら²⁾の初心者の滑走フォームの特徴などが報告されている。これらの報告は技術程度に応じて滑走フォームの相違を検討し、指導上の留意点を検討するものであった。本研究でもフィルム分析で得られた滑走速度の速い被験者1名、遅い被験者1名、中程度の被験者1名を選び滑走フォームの比較検討を試みた。

II. 方法

1. 被験者

北海道教育大学旭川校の男子体育学生25名を被験者とした。被験者の身体的特性や歩くスキーの経験年数を表1に示す。1名が中学時代、クロスカンツリースキー競技の経験者であるが、他の学生は本学で初めて歩くスキーを経験した者である。

Table 1 Basic characteristics and cross-country ski career of subjects

Subjects	N	Age (years)	Heights (cm)	Weights (kg)	Vo2max (ml/kg)	Ski career (years)
Sports students	25	Mean 20.5 S.D. 1.40	172.7 4.61	65.9 6.85	55.0 6.79	2.6 1.56

2. 測定項目

1) 1000m滑走（交互滑走）

400mの周回コースを2周半させ1000m滑走の時間計測を行った。400mの周回コースをスノーモービルでよく踏み固め、コースカッターでコースを作り十分に整備した。測定当日は快晴、無風、気温氷点下10度、雪温氷点下7度でコースコンディションは良好であった。

2) 最大酸素摂取量の測定

被験者の身体特性として、竹井機器社製アイソパワー自転車エルゴメーターおよびPWC-Max測定器によって、間接的に体重当りの最大酸素摂取量を推計した。

3) 動作分析

測定と同時に、動作分析のために1周目（150m地点）と3周目（950m地点）において16mmフィルムで滑走動作を52f/secで側方より記録した。

Fig. 1 Phase structure and measured angle of diagonal stride.

タイミングマークも同時に記録されたフィルムから動作分析システムにより被験者25名のピッチ、ストライドを求めた。また、スピードの異なる被験者3名を選び、重心、身体各部の関節角度を求めた。なお、動作分析システムの概略は以下の通りである。16mmカメラはボレックス社のH16 SBNを使用しタイミングマークも同時に記録した。16mmフィルムをデジタイザー（ワコム社のWT-4000）に拡大投影し、パーソナルコンピューター（NEC社のPC-9801VM2）に入力、演算処理した。出力はプリンター（NEC社のMN-9400）やX-Yプロッター（ローランド社のDXY-980）で行った。

本論では滑走動作を理解しやすくするために、交互滑走の滑走脚、蹴り脚の動きを同時に捉えた。すなわち、Adolf¹⁾やWorzenmüller¹⁶⁾と同様に、交互滑走の運動構造を両足が揃った時点から再び両足が揃う時点までの半サイクルで考察した。図1は局面構造と各測定角度を表した図である。各時点、各局面は次のように定義された。

・時 点

- T₀：両足が揃う時点（交換ポイント）
- T₁：ストックが雪面から離れる時点
- T₂：蹴り脚の足（爪先）が雪面から離れる時点

- T₃：ストックが雪面につかれる時点
- T₄：滑走脚の足（爪先）が静止する時点
- T₅：再び両足が揃う時点

・局 面

- 蹴り局面：両足が揃う時点から蹴り脚の足が雪面から離れる時点まで（T₀－T₂）
- 滑走局面：蹴り脚の足が雪面から離れる時点からストックが雪面につかれる時点まで（T₂－T₃）
- 静止局面：滑走脚の足が静止する時点から再び両足が揃う時点まで（T₄－T₅）
- 押し放し局面：両足が揃う時点からストックが雪面から離れる時点まで（T₀－T₁）
- 押し出し局面：ストックが雪面につかれる時点から再び両足が揃う時点まで（T₃－T₅）

3. スキー用具

使用したスキー板はヤルビネン社のツーリングスキー、ツーリングストックである。スキーの長さは床から各被験者が片腕を上方に伸ばした指先までの長さ、ストックの長さは床から各被験者の脇の下までの長さに統一した。靴はアルピナ社のツーリング用であった。そして、指導者が各スキーにワックスを行い、被験者全員が同じ条件になるように行った。

Table 2 Time, mean velocity and scored point of 1000m diagonal stride

Subjects N=25	Time (min.)	Velocity (m/min)	Point
Mean	4' 53"	205.7	18.5
S.D.	0' 21"	15.00	2.25

Ⅲ. 結果

1. 1000m滑走の記録

25名の1000m滑走の記録、平均速度、及び文部省の運動能力テストにおける評価得点を表2に示す。1000m滑走の平均記録は4分53秒(SD=21秒)であり、これを平均速度で表すと分速205.7m(SD=15)であった。最高速度は道内出身で中学・高校時代にクロスカントリー・スキー競技を経験した被験者MAが分速243mを、最低速度は道外出身で本学で初めて歩くスキーを経験した被験者KAが分速176mを記録した。また、文部省の1000m滑走テストの評価点では25名中16名が20点満点で平均得点は18.5点であった。

持久的運動能力の基盤となる全身持久力と1000m滑走の関係をみるために平均滑走速度と体重当りの最大酸素摂取量との相関を検討した。平均滑走速度と対体重最大酸素摂取量との間に $r=0.16$ ($df=23$, $p>0.05$)で相関が認められなかった。図2は平均滑走速度と対体重最大酸素摂取量の関

Fig. 2 Correlation between Vo2max and speed at 1000m diagonal stride.

係を表したものであるが、速度が176m/min.と最低を示した被験者KAと同一の対体重最大酸素摂取量(54ml/kg)でも被験者HIのように平均滑走速度が199m/min.と上回った例や、逆に速度が243m/min.と最高を示した被験者MAと同一の対体重最大酸素摂取量(67ml/kg)でも被験者IMのように214m/min.と下回った例がみられた。

2. 滑走速度とピッチ・ストライド

1) 滑走速度とピッチ・ストライドとの関係

フィルム撮影が行われた1周目については中間滑走、3周目については終盤滑走と便宜的に分け、各滑走についてフィルム分析によって速度、ならびにそれを規定するピッチ・ストライドを求めた。中間滑走において、速度とピッチの間に相関はみられなかった。ストライドと速度との間に1%水準で $r=0.71$ の相関がみられ回帰直線は $\text{Speed (m/min.)} = 0.50 \times \text{Stride (cm)} + 130.1$ が得られた。

図3は各被験者の中間滑走のストライドとそれに対応する速度及びピッチをプロットしたものである。ストライドとピッチの間にも、1%水準で $r=-0.70$ の逆相関がみられ回帰直線は $\text{Pitch (/min.)} = -0.24 \times \text{Stride (cm)} + 163.7$ が得られた。すなわち、ストライドの大きい被験者は速度が大きくピッチが小さいことになる。なお、終盤滑走においても、速度とピッチの間に相関はみられず、ストライドと速度との間に1%水準で $r=0.77$ の相関がみられ回帰直線は $\text{Speed (m/min.)} = 0.50 \times \text{Stride (cm)} + 124.3$ が得られた。ストラ

Fig. 3 Correlation between stride length and speed, stride rate on middle phase.

イドとピッチの間にも5%水準で $r = -0.57$ の相関がみられ回帰直線は $\text{Pitch (}/\text{min.}) = -0.25 \times \text{Stride (cm)} + 165.7$ が得られた。

2) 速度の減少

滑走記録がペース配分によっても影響を受けると思われるが、本研究では各被験者の経験を重視して任意のペースで滑走させた。表3は各被験者の中間滑走と終盤滑走における滑走速度とそれに関わるピッチとストライドを示したものである。グループの平均をみると全体としてまず、滑走速度は終盤にかけて分速244mから225mと5%水準($ts = 2.7715$, $df = 24$)で有意な速度低下が認められた。また、ピッチに関して111step/min. から115step/min. と僅かに増加を示したが有意差は認められなかった。逆にストライドに関して225cm/stepから200cm/stepと5%水準($ts = 2.4956$, $df = 24$)で有意な減少が認められた。そこで速度減少した22名の被験者のピッチやストライドを検討すると、ピッチが増加したがストライドが減少したA群($n = 15$)、ピッチが同じでスト

ライドが減少したB群($n = 2$)、ピッチもストライドも減少したC群($n = 4$)、そしてピッチが減少してストライドが増加した被験者NAに分けられた。

図4は速度減少を全体として-100%とした場合の $\Delta R \cdot L$ (ピッチの増加分 $\times$ ストライド), $\Delta L \cdot R$ (ストライドの増加分 $\times$ ピッチ), $\Delta R \cdot \Delta L$ (ピッチの増加分 $\times$ ストライドの増加分)に分け%で表したものである。速度減少が24m/min. であるA群はピッチの増加によって $\Delta R \cdot L$ は25m/min. (104%)であったが、ストライドの減少により $\Delta L \cdot R$ が-45m/min. (-183%), $\Delta R \cdot \Delta L$ が-5m/min. (-21%)でストライドの減少が速度の減少に大きく影響している。速度減少が30m/min. であるB群はピッチが一定であったのでストライドの減少が速度減少の全ての原因になっている($\Delta L \cdot R = 100\%$)。C群は $\Delta R \cdot L$ が-18m/min. (-71%), $\Delta L \cdot R$ が-7m/min. (-25%), $\Delta R \cdot \Delta L$ が-1m/min. (-4%)となりピッチの減少が速度減少に大きく影響している。被験者NAも $\Delta L \cdot R$ が3m/min. (27%)であったが $\Delta R \cdot L$ が-14m/min. (-127%)でピッチの減少が速度減少に大きく影響した。以上のように、速度減少にはストライドやピッチの減少が原因するが、ストライドの減少が原因となる被験者が17名おり、ピッチの減少が原因となる被験者5名よりも圧倒的に多数であった。

Table 3 Velocity, stride rate and stride length on middle and final phase

	middle		final		t
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	
Velo.(m/min)	244	32.7	225	29.5	2.7715 *
stride rate(steps / min)	111	14.2	115	14.7	1.9566
Stride length (cm)	225	47.0	200	45.6	2.4956 *

N=25 *5%

Fig. 4 Responsibility of stride length and rate for the decrease of the velocity.

3. 速度の異なる滑走の比較

フィルム分析で滑走速度の異なる被験者3名を選び滑走フォームを比較検討した。各被験者の身体的特性、滑走速度、ピッチ、ストライドを表4に示した。被験者MAは最高速度を、KAは最低速度を記録した者であり、HIはその範囲のほぼ中央に位置する者である。滑走速度の速い者ほどピッチが小さく、ストライドが大きく、本研究の滑走速度とピッチ、ストライドの関係を代表する滑走であった。

1) 局面構造

図5に各被験者の交互滑走の各局面を半サイクルを100%として割合で表した。

被験者MA, HI, KAの滑走局面($T_2 - T_3$)がそれぞれ41, 38, 25%とスピードのある被験者

ほど滑走局面が大きな割合を占めた。逆に、蹴り局面 (T_0-T_2)、静止局面 (T_4-T_5) が小さな割合を占めた。一方、腕の動作についてはスピードのある被験者ほどストックの突き放し局面 (T_0-T_2) が小さな割合を占め、その結果ストックを雪面についている局面 (T_0-T_1 と T_3-T_5) の割合は小さかった。

2) 滑走フォームについて

図6は各時点の各関節角度、重心の位置、およびストック角である。

被験者MA, HIが蹴り局面 (T_0-T_2) で重心が水平に移動しているのに対し、KAはやや斜め上方に移動している。また、滑走脚への乗り込みを重心角度(滑走足の midpoint から重心を結ぶ線と雪面のなす角度)で検討した。被験者MAはストックを突く時点 (T_3) で重心角度が96度まで滑走足に乗り込んでいるのに対し、HI, KAはそれぞれ103度、110度と乗り込み不足であった。すなわち、スピードのある被験者ほど滑走脚に重心を

乗り込んでいた。

蹴り局面 (T_0-T_2) では上体が起こされ、蹴り脚の股関節(大転子をとる水平線と大腿のなす角度)、膝関節が伸展されていくのであるが、伸展の範囲には被験者間の差はみられなかった。しかし、両足が揃った時点 (T_0) でスピードのある被験者ほど上体の前傾角度、膝関節角度が大きかったため、蹴り脚が離れる (T_2) の時点ではスピードのある被験者ほど上体の前傾角度、蹴り脚の股関節、膝関節角度が大きかった。滑走脚の動きでは被験者MAが T_0 の時点より股関節がほとんど変化ないのに対し、HIは53度から44度、KAは56度から36度と他の被験者は屈曲していた。これにより T_2 の時点で股関節の角度はスピード

Table 4 Physical characteristics and diagonal stride (Speed, Stride length and Stride rate) of each subject at film motion analysis

	Height (cm)	Weight (kg)	Vo2Max/kg (ml/kg)	Speed (m/min)	Stride length (cm)	Stride rate (steps/min)
Sub.MA	177	79	67	334	315	106
Sub.HI	172	65	54	274	230	119
Sub.KA	169	65	54	172	120	144

Fig. 5 Phase structure of 3 subjects at various speed.

Fig. 6 C.G. and joint angles at change, kick off and pole plant point.

のある被験者ほど大きかった。膝関節は伸展されていくのであるが、被験者KAは94度から124度と伸展の範囲が大きく重心が斜め上に移動する原因になった。このように被験者KAの伸展の範囲は大きかったが、 T_0 の時点でスピードのある被験者ほど膝関節角度が大きかったので、 T_2 の時点でもスピードのある被験者ほど滑走脚の膝関節の角度は大きかった。

滑走局面(T_2-T_3)では上体が起こされ、蹴り脚の股関節、膝関節がより伸展されたのであるが、スピードのある被験者ほど伸展の範囲が大きかった。従って、ストックをつく(T_3)の時点でスピードのある被験者ほど蹴り脚の股関節、膝関節角度が大きく、上体の前傾には被験者間の差がみられなくなった。一方、滑走脚の股関節は伸展されるが、その範囲には被験者間の差はみられなかった。しかし、 T_2 の時点で股関節の角度がスピードのある被験者ほど大きかったので、 T_3 の時点でもスピードのある被験者ほど滑走脚の股関節角度が大きかった。次に、被験者MAが膝関節角度が同じであったが、HI、KAは膝関節を伸展した。この膝関節の伸展に関わらず、 T_2 の時点で膝関節の角度がスピードのある被験者ほど大きかったので、 T_3 の時点でもスピードのある被験者ほど滑走脚の膝関節角度が大きかった。

ストック動作では、スピードのある被験者ほど肩角度(肩峰をとる水平線と上腕のなす角度)を小さく、肘関節角度を大きくして雪面とのなす角度(ストック角 被験者MA:79度被験者HI:58度被験者KA:53度)が大きくなるように T_3 の時点でストックをついた。このストック動作によって T_3 の時点から T_5 の時点まで、すなわち、ストックをついてから次の両足が揃うまで被験者MA、HI、KAのストライドはそれぞれ45%、33%、18%伸びることになった。

IV. 考 察

1. 歩くスキーにおける1000m滑走テスト

今村⁶⁾は50km・80km・90kmと長距離で行われているのが世界の歩くスキーの現状であること、そしてSaltinとAstrand¹¹⁾は競技選手の中でクロスカントリー・スキー選手が最も最大酸素摂取量

が高いと報告している。また、三宅¹⁰⁾、須田¹³⁾らの滑走速度と酸素摂取量に相関があるという報告などを考慮にいれると歩くスキーと全身的持久力が大きく関与すると思われる。しかし、本研究で1000m滑走の記録が全身持久力である対体重最大酸素摂取量と相関が低いことを考えると1000m滑走テストは他の要因に影響を大きく受けていると思われる。本研究の被験者はいずれもが体育学生であり、クラブ等の活動経験が豊かで練習熱心である。また、活動内容が異なるもののトレーニングに対する意欲は高い。これらのことから精神的要因に関する1000m滑走の記録への影響は少ないものと判断された。考えられるのは技術的要因とそれを発揮する筋力である。滑走動作については、今村³⁾、外川¹²⁾らがいずれも技術の程度によってストライドに相違がみられたと報告している。そして須田¹³⁾らは5km交互滑走の記録とストライドとピッチの相関を検定し、ストライドにのみ5%水準で $R=0.58$ の相関があったと報告している。本研究によっても滑走速度とストライドに相関が高くみられた。従って本研究の1000m滑走では技術的要因である滑走技術の差が記録に大きく影響したと考えられる。Bube²⁾らはスキー長距離走のテストとして1000m滑走と5000m滑走のテストを実施し、1000m滑走の記録を5倍した記録を5000mの記録で除し評価値を算出している。評価値が0.915-0.930を最適値としており、これより大きい評価値の者はスピードを高めるトレーニングを、小さい評価値の者は持久力を高めるトレーニングを提唱している。本研究で歩くスキーによる1000m滑走の記録が最大酸素摂取能力でなく、大きなストライドによる技術的要因に影響されたことを考慮に入れると1000m滑走をスピードの評価にのみ利用することが望まれる。今後、滑走距離を延長した場合の速度と最大酸素摂取量との相関を検討し、歩くスキーの授業で持久力を含めて総合的に評価する場合、どのくらいの距離が妥当であるか検討する必要がある。

2. 交互滑走の技術

本研究によっても滑走速度とストライドに高い相関がみられた。しかも、ストライドとピッチには逆相関も認められた。本研究ではピッチを増加

するとストライドは減少する傾向がみられたが、ピッチをあげても熟練者の場合にストライドの減少が少なかったという北⁷⁾の報告を考慮するとピッチをあげてもストライドの減少をできるだけ抑えることが重要であろう。Waser¹⁵⁾は同一走者での周回ごとの速度減少について、成績の悪い走者はストライドの減少が大きく、ピッチの減少が小さく、その原因は筋力によるものとしている。本研究でも速度減少の原因はストライドの減少による走者が多く、大きなストライドを保つ筋力とピッチをあげてもストライドの減少をできるだけ抑える技術の重要性が示唆された。

加速局面である蹴り局面で重心が水平に移動することは、加速方向が進行方向に合致しており合目的的であるといえる。本研究では蹴り局面が始まる時点で上体の前傾が小さく、しかも膝関節を屈曲しすぎた者が重心を斜め上方に移動し、その後Adolph¹⁾が指摘している落下ステップを示した。外川¹²⁾らによって蹴り局面が始まる時点では大きな上体の前傾が必要であること、Waser¹⁵⁾によって53度の下腿角度が蹴り局面で重心が水平に移動するのに適切であることが報告されてきた。このように、蹴り動作を始める時点、すなわち、両足が重なる時点の姿勢に指導の手がかりを求めることできた。また、キック力を強めるために蹴り脚の股、膝関節を大きな範囲で伸展すると誤解されやすいが、両足が揃った時点での上体の前傾、膝角度に合わせて伸展することが重要であり、大きく伸展することは問題ではない。

滑走局面の長いことが速く、ストライドの大きい交互滑走の特徴であることが、Waser¹⁵⁾や小林⁸⁾によって報告されている。ワックスや雪面の状態によって異なるが、本研究においても速くストライドの大きい者ほど滑走局面が長かった。エネルギー発揮が少ない滑走局面を長くすることは効率をあげ、立脚期にストライドを伸ばすという観点から重要である。滑走局面を長くしてストライドを伸ばすためには佐々木¹⁴⁾が指摘するように滑走脚への乗り込みが必要である。本研究では蹴り局面で滑走脚の股関節を屈曲せずに蹴り出し、滑走局面で股関節を伸展し滑走脚に重心を乗せていくことが確認された。

蹴りとストックの押し放しによる推進力と滑走

の後半のストックによる押し出しによる推進力が交互滑走の特徴である。Waser¹⁵⁾は、成績のよい競技者はストックを着いている局面が短かいと報告している。本研究で最も遅く、ストライドの短かった者はこの局面が約70%におよびリズムカルな腕の振りが行われず、ストックの押し放し時点のタイミングが遅かった。スピードのある被験者ほど前方に大きく振られてストックが押し出されていた。そして、ストックを押し出してからスピードのある被験者ほどストライドが伸びたことから、外川¹²⁾、小林⁸⁾の指摘するようにストックの雪面につく位置、ストックの長さや腕の振りかたを今後の検討課題としたい。

V. 要 約

体育専攻男子学生25名を被験者として1000m滑走を歩くスキー用具で実施した。1000m滑走の記録と対体重最大酸素摂取量の関係、滑走速度とストライドとピッチとの関係、及びスピードの異なる3名の滑走フォームを比較検討し、次の結果を得た。

1. 1000m滑走の平均記録は4分53秒(SD=21秒)で、平均滑走速度250.7m/min.(SD=15)であった。

2. 150m地点と950m地点での滑走速度、ストライド、ピッチの相関をみた。150m地点で、滑走速度とストライドの間に $r=0.71$ ($df=23$, $p<0.01$)の相関がみられた。ストライドとピッチの間に $r=-0.70$ ($df=23$, $p<0.01$)の逆相関がみられた。950m地点においても滑走速度とストライドの間に $r=0.77$ ($df=23$, $p<0.01$)の相関がみられた。ストライドとピッチの間に $r=-0.57$ ($df=23$, $p<0.01$)の逆相関がみられた。

3. 150m地点と950m地点での交互滑走の速度はそれぞれ分速244m, 225mで5%水準で有意な減少を示した。ストライドも2.25mから2.00mと5%水準で有意に減少した。

4. スピードの異なる3名の被験者の滑走を比較した結果、次の特徴がみられた。

1) スピードのある被験者ほど滑走局面が長く、蹴り局面、静止局面およびストックを雪面につけている局面が短かった。また、蹴り局面で重心が

雪面に対し水平に移動し、滑走局面で重心－滑走足と雪面とのなす角度が小さかった。

2) スピードのある被験者ほど両足が揃う時点で、上体の前傾が大きく、膝関節の屈曲は小さかった。蹴り局面では滑走脚の股関節が屈曲されず、蹴り放しの時点では上体の前傾、蹴り脚と滑走脚の股、膝関節角度が大きかった。滑走局面では滑走脚の股関節が伸展され、ストックをつく時点で両脚の股、膝関節角度、ストック角が大きかった。

参考文献

- 1) Adolph, H (1988), Skilanglauf-Materialien. Lehrhilfen für den Sportunterricht : 37(11), pp. 161-176.
- 2) Bube, H., Feck, G., Stubler, H. und Trogisch, F. (1965), Tests in der Sportpraxis. Theorie und Praxis der Körperkultur : 15(5), pp. 484-490.
- 3) 今村源吉・大塚美栄子・小林植三・速水修・古川善夫・中込四郎 (1979), 歩くスキーの Diagonal-strideの運動学的特徴. 日本体育学会第30回大会号, p. 547.
- 4) 今村源吉・大塚美栄子・小林植三・速水修・本間実 (1976), 歩くスキー. 北海タイムス社：札幌, pp. 109-113.
- 5) 今村源吉 (1978), 歩くスキーに関する研究. 大学スキー研究会研究報告書：1, pp. 31-38.
- 6) 今村源吉 (1990), 歩くスキーの実態に関する現状と課題. 北海道体育学研究：25, p. 86.
- 7) 北文明 (1979), ピッチの増加によるパスカング滑走動作の変化. 日本教育大学協会編 (1979), 昭和54年度保健体育専攻学生卒業論文集：東京, p. 84.
- 8) 小林規 (1987), 交互滑走の動作分析. 体育の科学：33(12), pp. 895-899.
- 9) 黒田善雄 (1972), 札幌冬季国際スポーツ大会におけるスキー・ディスタンスのパスカング滑走法動作分析. 日本体育協会編 (1972), 札幌オリンピックスポーツ科学研究報告：東京, pp. 137-142.
- 10) 三宅章介・須田力・西園日秀嗣・佐々木敏・岡野五郎・加藤満 (1986), 「歩くスキー」の運動処方に関する研究—一般成人男子の走行速度と作業強度及び生理的負担度について—. 日本体育学会第37回大会号, p. 626.
- 11) Saltin and Astrand (1967), Maximale Oxygen Uptake in Athletes. J. Appl. Physiol : 23, p. 353.
- 12) 外川重信・吉田章 (1983), クロスカントリー・スキーの指導について. 第13回日本レクリエーション学会研究発表抄録, p. 34.
- 13) 須田力・川初清典・佐々木敏・角田和彦・三宅章介・晴山紫恵子 (1990), クロスカントリースキー初心者ダイアゴナル走法における滑走特性と生理学応答. 北海道体育学研究：25, pp. 7-18.
- 14) 佐々木敏 (1990), ラングラウフスキーの滑走動作—初心者ダイアゴナル平地滑走について—. 平成元年度科学研究費補助金研究成果報告書, pp. 37-45.
- 15) Waser, J. (1977), Filmanalyse biomechanischer Parameter beim Skilanglauf. Hrsg. Fetz, Zur Biomechanik des Schilaufls. Inn-Verlag, Innsbruck, pp. 108-117.
- 16) Wollzenmüller, F. (1976), Skilanglauf für Anfänger + Könnner. BLV : München, pp. 66-69.
- 17) 全日本スキー連盟 (1980), 日本スキー教程. スキージャーナル：東京, pp. 128-137.

平成元年5月25日受理