



クロスカントリースキーのスケータィング滑走と交互滑走に関する研究

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 北海道教育大学 公開日: 2010-07-12 キーワード: 作成者: 古川, 善夫, 小池, 真, 村上, 謙二 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.32150/00004639

A Study of Skating and Diagonal Techniques in Cross-Country Skiing

Yosio Furukawa* and Makoto Koike** and Kenji Murakami***

Laboratory of Physical Activity Education Asahikawa Campus,

*Hokkaido University of Education, Asahikawa 070

**High School, Otoinepu, Hokkaido

***Hokkaido University of Education, MC Physical Education

クロスカンリースキーのスケーティング滑走と交互滑走に関する研究

古川 善夫*・小池 真**・村上 謙二***

*北海道教育大学旭川校身体運動学研究室

**北海道音威子府高等学校

***北海道教育大学大学院保健体育専修

Abstract

The purpose of this study was to examine the differences between skating and diagonal techniques in cross-country skiing, and to investigate the relation between stride, pitch and velocity at various intensities and to discuss the influence of stride and pitch on increases in velocity. The subjects were 7 male skiers belonging to a cross-country ski club at Asahikawa University High School. They completed four circuits of a 2.5km track, first at moderate intensity and then at maximum competition speed, using the skating technique and the diagonal technique. The results of this study are summarized as follows:

1. When skiing at the same intensity there were no significant differences in heart rates between the two techniques. A greater speed was obtained at both intensities with the skating technique than with the diagonal technique ($P < 0.01$). These results confirmed Karvonen's report that the skating technique is more efficient than the diagonal technique. The range of the mean heart rate in four tests was between 160 and 190 beats/min. The heart rates in this study were the same as in competitions, as was reported by Kuroda.
2. A statistically significant correlation between velocity and stride of skating technique (moderate intensity: $r = 0.88$ $p < 0.01$, maximum intensity: $r = 0.78$ $p < 0.05$) was observed. An inverse correlation between stride and pitch was statistically significant (moderate intensity: $r = 0.95$ $p < 0.01$, maximum intensity: $r = 0.94$ $p < 0.01$).
3. An increase in velocity was achieved by making pitch higher because the influence of the pitch increase on speed is greater than that of the stride decrease.

I はじめに

クロスカン트리スキーの技術は、元来交互滑走（ダイアゴナル滑走）、1歩滑走そして2歩滑走が主流であり、方向転換等でスケーティング滑走が使用される程度であった。そのスケーティング滑走が、1985年ごろから方向転換としての技術に限らず、交互滑走と同じようにクロスカン트리スキーを代表する滑走方法の一つになった。スケーティング滑走のなかでも、現在一般的に使用されているスケーティング滑走を提案したのが、アメリカのビル・コーク選手であったために、当時ビル・コーク走法とも呼ばれていた。1985年のオーストリア・ゼーフェルドで行われていたノルディックスキー世界選手権大会では、クロスカン트리スキーの二流国といわれていたアメリカとイタリアがいち早くスケーティング滑走に取り組み、一流国といわれていた北欧諸国やソビエトの選手と互角に戦った。その当時、グリップワックスをスキーに塗って交互滑走を行っていたのは、日本とモンゴルの選手だけであったといわれている。この滑走方法の大革命は、世界のクロスカン트리スキー界に一斉に流れ、一年たらずで全世界に浸透していったのである。

一方、このような技術的資質をもつクロスカン트리スキーは、有酸素運動を主体とする競技種目であることから、競技の世界では心拍数によるトレーニング方法などが取り入れられている。代表的な滑走技術の一つである交互滑走での心拍数については、1969年に大田ら¹⁰⁾が15km競技中の心拍数と呼吸数の変動を測定し、心拍数は160～180b/min.の範囲で変動していたという報告をしている。黒田ら⁹⁾も1972年に15km競技中の心拍数を測定し、心拍数は158～180b/min.の範囲で変動し平均は179b/min.であったという報告をしている。また、1992年に古川ら²⁾は、旭岳においてクロスカン트리スキー中の心拍数を測定し、平均心拍数は159b/min.(87%HRmax)であったという報告をしている。交互滑走とスケーティング滑走の二つの滑走方法の心拍数については、Karvonenら⁶⁾の報告があり、ポーランドのナショナルチームの17～19歳のジュニア選手、男子9名を被験者とした実験を行っている。被験者らは2.5kmのコースでスケーティング滑走と交互滑走を、moderate（最大パフォーマンスの約80%）とmaximam（最大競技のスピード）の各強度別、技術別で1週ずつ計4週走った。（以下moderateをmod., maximamをmax.とする）最大努力における交互滑走の平均心拍数は180b/min., スケーティング滑走では181b/min.と二つの走法間には心拍数からみた運動強度の差はなく、平均滑走速度については、交互滑走よりもスケーティング滑走のほうが勝っていた。このことから、スケーティング滑走は効率的な滑走法であると報告している。そこで今回は、17～19歳の同年代の被験者をコースなどの環境を変えて同様な実験を試みた。その結果をKarvonenらの報告と同様に速度と強度（心拍数）の両面から考察し再確認することを目的とした。

交互滑走における、ピッチ、ストライド、滑走速度の関係については、北は⁸⁾ピッチの増加に対して滑走速度も増加するが、ピッチが120step/min.を越えるとピッチの増加にかかわらずストライドの減少が大きくなり、滑走速度は減少していくとしている。また、古川ら¹⁾は1000m滑走で、150m地点と950m地点での滑走速度、ストライド、ピッチの関係を明らかにして、150m地点と950m地点で滑走速度とストライドの間に正の相関が、またピッチとストライドの間には逆相関が認められたと報告している。そこで本研究では、スケーティング滑走においても交互滑走と同様な関係が得られるのかを明らかにするために、2.5kmコース内の50mの登り坂でピッチ、ストライドおよび滑走速度の関係の検討を試みた。

II 研究方法

1) 被験者

旭川大学高等学校クロスカン트리スキー部の男子部員7名を被験者とした。この7名の中には、高校選手の中でもトップクラスの選手たちも含まれており、技術的には上級レベルである。表1は被験者の特性と、

1994年1月8日・9日に札幌市白旗山距離競技場でおこなわれた、全日本A級大会の成績を記載したものである。

表1. 被験者の特性と競技成績

	Sub.	年齢	身長(cm)	体重(kg)	CL(10km)	SK(15km)	HRmax(b/min.)
Group 1	S・S	17	183.7	69	9th	4th	187
	T・O	17	170.0	61.8	4th	2th	194
	K・Y	16	173.8	62.8	40th	17th	201
Group 2	K・S	17	176.0	67	19th	7th	196
	T・I	16	174.0	63	5th	6th	195
	A・K	17	163.9	60	45th	25th	183
	J・M	17	171.5	60	52th	27th	187
	mean	16.7	173.3	63.4	---	---	191.9
S.D.	±0.5	±5.6	±3.2	---	---	±5.9	

※SK (15km) サロモンカップ全日本クロスカンリースキー
 ※CL (10km) 伊藤杯全日本チャンピオンスキーレース

2) 測定条件

測定当日は4月下旬で天候は快晴であった。気温は-1℃から+5℃、雪温は±0℃から+1℃に変化し、コースに水が浮いた状態の中で実験を行った。スキー用具はそれぞれ各自のスキー板（アトミック社製・カルフ社製）、スキー靴（サロモン社製）、ストック（スウィックス社製）で、交互滑走とスケータリング滑走共に専用のもを使用した。グライダーワックスは、全員スウィックス社製のオレンジとシリコンをミックスさせたもの、グリップワックスは、全員スウィックス社製のクリスターワックスのレッドを使用した。測定場所は、標高1080mにある東川町旭岳温泉クロスカンリースキー常設コースで、その中の2.5kmの周回コースを使用し、コース内に50mのまっすぐな登り坂でピッチとストライドを測定した。

3) 実験方法

各被験者7名を1班と2班に分け、様々な地形の2.5kmの同じコースを4周した。滑走順は1班が前半（1・2周目）に交互滑走、後半（3・4周目）にスケータリング滑走を、逆に2班は前半にスケータリング滑走、後半に交互滑走を行った。運動強度は1周目と3周目に中くらいの強度で、2周目と4周目は最大の競技スピードで行った。回復時間は、1周目と2周目の間と、3周目と4周目の間にそれぞれ10分間ずつとった。2周目と3周目の間は、回復時間を長くして30分とした。2.5kmの滑走速度は、周回するのに要した時間から平均速度を求めた。心拍数は、ハートレイトマスターPE3000（フィンランド・ポーラエレクトロ社製）で、運動中の心拍数を測定した。数値は15秒間隔で記憶し、データの処理はパーソナルコンピューター（NEC社製、PC9801）にコンバートして、平均・最高・最低心拍数などの基本統計量と心拍数の変動を求めた。また、2.5kmコース内に設けた50mの軽い登り坂でのピッチ、ストライド、滑走速度については、測定した歩数とタイムから算出した。

III 結 果

1. 2.5kmコース内における平均心拍数と平均速度

図1は、各滑走の平均心拍数と平均滑走速度を表わしたものである。平均心拍数は、mod.とmax.の両者

において、交互滑走とスケーティング滑走の間に統計上有意味な差はみられなかった。一方滑走速度では、mod.とmax.の両者において、交互滑走とスケーティング滑走の間に1%水準で有意な差が認められた(mod.ts=-5.28, max.ts=-3.09)。

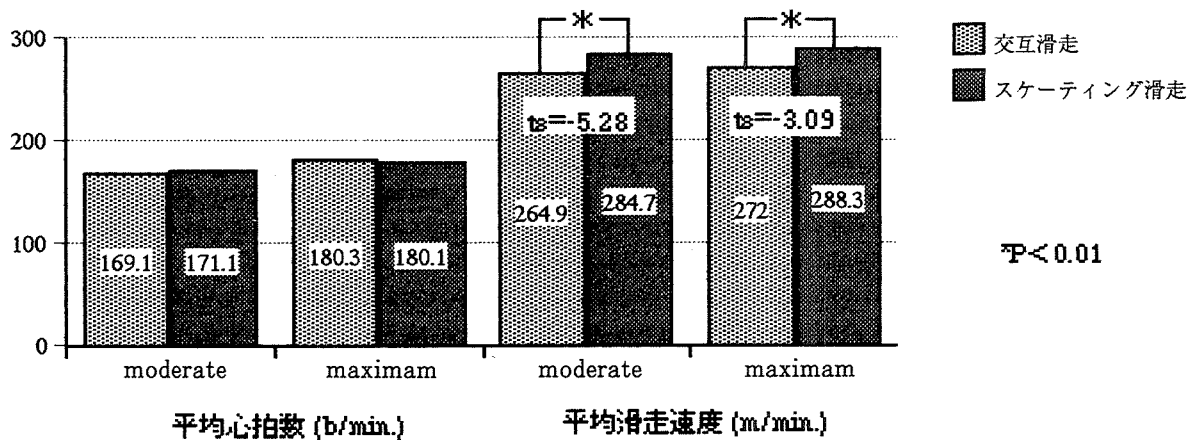


図1. 各滑走における平均心拍数と平均滑走速度

2. 2.5kmコース内の50m登り坂における滑走特性

表2は、2.5kmコース内に設けた50m登り坂における滑走記録を示したものである。平均滑走速度は、交互滑走のmod.で221.5m/min., max.で230.3m/min., スケーティング滑走のmod.で228.6m/min., max.で237.0m/min.となり、両滑走法においてmax.の方が増加した。ピッチは、交互滑走のmod.で93.9 step/min., max.で99.0step/min., スケーティング滑走のmod.で87.9step/min., max.で97.9step/min.となり増加した。また、ストライドは、交互滑走のmod.で236.4cm, max.で232.9cm, スケーティング滑走のmod.で266.6cm, max.で245.6cmとなり減少した。

表2. 50mの登り坂における滑走特性

	交互滑走		スケーティング		(n=7)
	mod. (±SD)	max. (±SD)	mod. (±SD)	max. (±SD)	
pitch(step/min.)	93.9 (±1.7)	99.0 (±2.2)	87.9 (±10.6)	97.9 (±8.8)	
Stride(cm)	236.4 (±12.9)	232.9 (±10.4)	266.6 (±52.4)	245.6 (±36.9)	
Speed(m/min.)	221.5 (±10.7)	230.3 (±6.3)	228.6 (±13.8)	237.0 (±11.3)	

3. 滑走速度の変化に伴うピッチ、ストライドの関係

交互滑走とスケーティング滑走でのmod.とmax.の滑走速度を、被験者の個々において比較した。そこでmod.よりもmax.において、滑走速度が増加した事例を取り上げ、ストライドの増減に分けた結果を表3に示した。

交互滑走の滑走速度は、7事例中5事例で増加しており、3つのタイプに分けられた。また、スケーティング滑走では、7事例中4事例で増加し、2つのタイプに分けられた。滑走速度が増加しなかった事例は、スケーティング滑走で変化なしが1例、減少した事例が交互滑走とスケーティング滑走の両方で2例ずつあった。

表3. 各滑走法ごとの速度増加のタイプと人数

	交互滑走		スケーティング滑走		
	ピッチ	ストライド	ピッチ	ストライド	
Aタイプ(n=2)	増加	減少	Aタイプ(n=3)	増加	減少
Bタイプ(n=2)	増加	変化なし	Bタイプ(n=1)	増加	変化なし
Cタイプ(n=1)	増加	増加			

星川ら⁵⁾は、歩、走において前進速度V(m/min.)が増加する場合に、歩巾1(m.)と歩数f(step/min.)の間には、次のような関係があると報告している。

$$V = f \cdot 1 \dots\dots\dots ①$$

$$V + \Delta v = (f + \Delta f) \cdot (1 + \Delta 1) \dots\dots\dots ②$$

※ Δv は速度の増加分、 Δf は歩数の増加分、 $\Delta 1$ は歩巾の増加分

$$①, ②から \Delta v = \Delta f \cdot 1 + f \cdot \Delta 1 + \Delta f \cdot \Delta 1 \dots\dots\dots ③$$

そこで、本研究でも増加した速度の全体を+100%、減少した速度の全体を-100%とした場合の $\Delta P \cdot S$ (ピッチの増加分×ストライド)、 $\Delta S \cdot P$ (ストライドの増加分×ピッチ)、 $\Delta P \cdot \Delta S$ に分け図2に表わした。

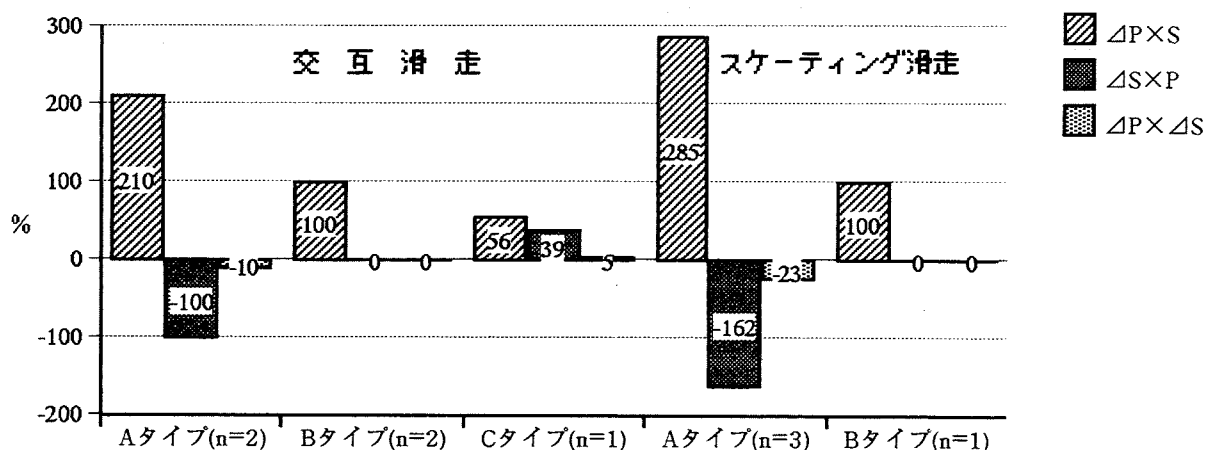


図2. 速度増加におけるピッチとストライドの関係

(1) 交互滑走

速度増加が+10m/min.であるAタイプは、ストライドの減少による $\Delta S \cdot P$ が-10m/min.(-100%)、 $\Delta P \cdot \Delta S$ が-1m/min.(-10%)であった。しかし、ピッチの増加による $\Delta P \cdot S$ が+21m/min.(+210%)となり、ストライドの減少をピッチの増加が大きく補ったために速度が増加した。速度増加が+14m/min.であるBタイプは、ストライドに変化がなかったので $\Delta P \cdot S$ が(+100%)となり、ピッチの増加分が速度増加のすべてになっている。Cタイプは、 $\Delta P \cdot S$ が+13m/min.(+56%)、 $\Delta S \cdot P$ が+9m/min.(+39%)、 $\Delta P \cdot \Delta S$ が+1m/min.(+5%)となり、ピッチの増加の方が速度増加に強く影響を及ぼしていた。

(2) スケーティング滑走

次にスケーティング滑走についても同様にみても、Aタイプは速度増加が+13m/min.であり、そのうち $\Delta P \cdot S$ が+37m/min.(+285%)、 $\Delta S \cdot P$ が-21m/min.(-162%)、 $\Delta P \cdot \Delta S$ が-3m/min.(-23

%) となった。また、Bタイプは速度増加は+21m/min.であり、交互滑走と同様に速度増加分のすべてがピッチによるものであった。

4. 50m登り坂でのスケーティング滑走の速度、ピッチおよびストライド

図3は、mod.でのスケーティング滑走における50m登り坂の滑走速度、ピッチ、ストライドの関係を示している。mod.におけるストライドと滑走速度の間は、 $r=0.88$ ($p<0.01$) で回帰直線 $y=0.23x+166.5$ が、またピッチとストライドの間には、 $r=-0.95$ ($p<0.01$) で $y=-0.19x+139.4$ が得られた。図4は、max.でのスケーティング滑走におけるそれぞれの関係を示している。max.におけるストライドと滑走速度の間には、 $r=0.78$ ($p<0.05$) で $y=0.27x+171.6$ が、またピッチとストライドの間には、 $r=-0.94$ ($p<0.01$) で $y=-0.23x+153.4$ が得られた。

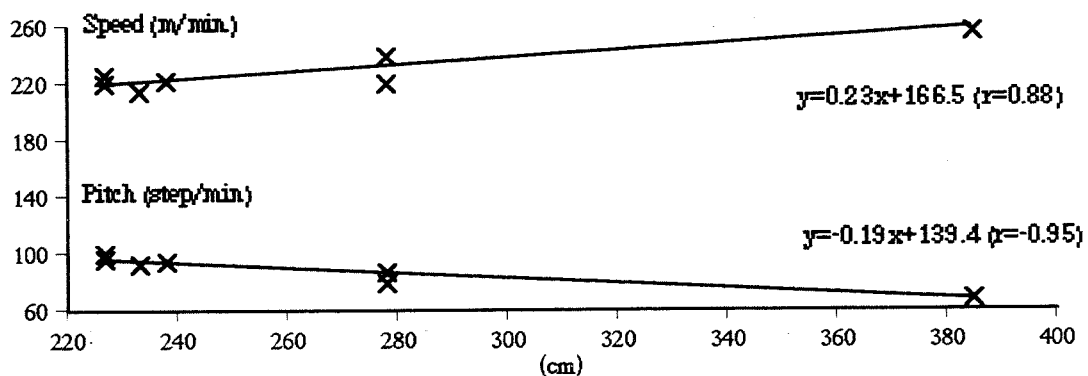


図3. スケーティング滑走におけるストライドとピッチ・スピード (moderate)

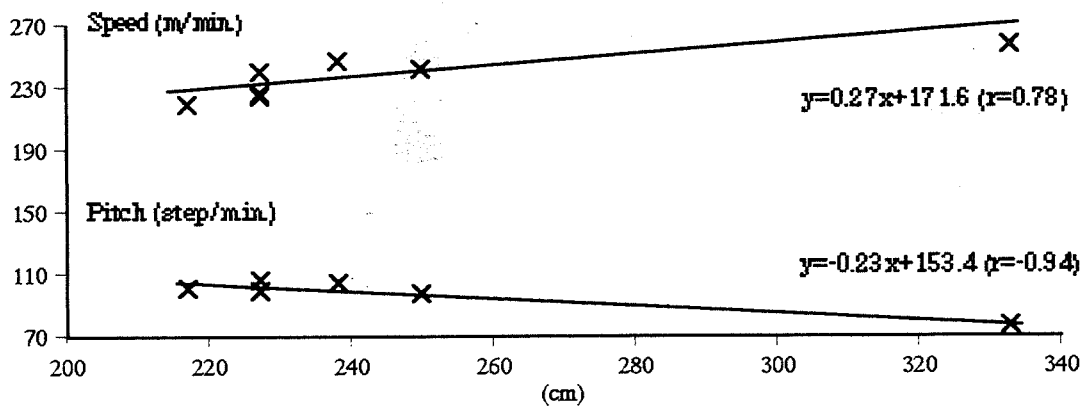


図4. スケーティング滑走におけるストライドとピッチ・スピード (maximum)

IV 考 察

1. 走法別の平均心拍数と速度の比較

本測定のmax.における平均心拍数は、交互滑走とスケーティング滑走において、およそ180b/min.であった。これは大田ら¹⁰⁾、黒田ら⁹⁾、古川ら²⁾の報告の平均心拍数と同じであったことから、本測定的心拍数のレベルも競技中の心拍数のレベルと同等であったと思われる。Karvonenら⁶⁾の報告では、スケーティング滑走と交互滑走の平均心拍数に差はないと述べられているが、本測定でも同じように差はみられなかった。よって、本測定のmax.における平均心拍数は、Karvonenら⁶⁾の報告と同等の状態であったと考えることが

できる。また、心拍数の変動についても160~190b/min.の範囲で変動しており、大田¹⁰⁾(160~180b/min.)や黒田ら⁹⁾(158~180b/min.)の報告からみても、本測定は競技中のHRレベルであったと思われる。これらのことから、2つの滑走法には心拍数からみた運動強度に差はなく、スケーティング滑走と交互滑走は同等の運動負荷であったと考えられる。

一方、mod.の平均速度は、交互滑走が264.9m/min.、スケーティング滑走が284.7m/min.と7.5%増加し、max.の平均速度は、交互滑走が272.0m/min.、スケーティング滑走が288.3m/min.と5.9%増加した。いずれの場合においても、スケーティング滑走のほうが交互滑走に比べ速かった。一方Karvonenら⁶⁾においても、mod.の平均速度は、交互滑走が328.2m/min.、スケーティング滑走が365.9m/min.と11.5%増加し、max.の平均速度は、交互滑走が355.5m/min.、スケーティング滑走が392.7m/min.と10.5%増加したという報告がされている。コースや被験者が違うために平均滑走速度は違っていたが、本研究においてもKarvonenら⁶⁾と同様に、交互滑走よりもスケーティング滑走のほうが速いという結果が得られたことになる。

以上のように、身体負荷は両滑走法とも心拍数からみても同等のレベルであり、滑走速度は被験者やコースを変えても交互滑走よりもスケーティング滑走のほうが速かった。このことから、本測定の結果は、Karvonenら⁶⁾の報告と同様に、スケーティング滑走は交互滑走に比べてより効率的な滑走法であることが再確認された。

2. 滑走速度とピッチ・ストライドの関係について

従来の研究¹¹⁾³⁾において交互滑走ではストライドが滑走速度に大きく影響を及ぼし、また、ストライドが広くなればピッチは小さくなることが報告されている。古川ら¹¹⁾によると、1000m交互滑走の中間滑走において、ストライドと滑走速度の間に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、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 $\text{Pitch(step/min.)}=-0.24 \times \text{Stride(cm)}+163.7$ が得られたと報告されている。本研究のスケーティング滑走においても、mod.のストライドと滑走速度の間に1%水準で $r=0.88$ の相関がみられ、回帰直線は $\text{Speed(m/min.)}=0.23 \times \text{Stride(cm)}+166.5$ が、ストライドとピッチの間にも1%水準で $r=-0.95$ の逆相関がみられ、回帰直線は $\text{Speed(m/min.)}=-0.19 \times \text{Stride(cm)}+139.4$ が得られた。また、max.では、ストライドと滑走速度の間に5%水準で $r=0.78$ の相関がみられ、回帰直線は $\text{Speed(m/min.)}=0.27 \times \text{Stride(cm)}+171.6$ が、ストライドとピッチの間にも1%水準で $r=-0.94$ の逆相関がみられ、回帰直線は $\text{Speed(m/min.)}=-0.23 \times \text{Stride(cm)}+153.4$ が得られた。いずれの場合に関しても、交互滑走と同様に高い相関が認められたことから、交互滑走と同様にスケーティング滑走においても、滑走速度はストライドによる影響が大きく、ストライドを広げるとピッチが減少する傾向が明らかになった。また、本研究の交互滑走では、ストライドと滑走速度の間にmod.で $r=0.94$ ($p<0.01$)、max.で $r=0.86$ ($p<0.05$)が得られた。しかし、ピッチとストライドの間には、統計的に有意な相関は認められなかった。この相関が認められなかった要因として、コースが登りであったことや被験者が少ないなどの様々なことが考えられるが、本研究では要因を明らかにするまでにはいたらなかった。

滑走速度の増減はストライドやピッチの増減が原因であるが、本研究の滑走速度の増加は交互滑走では5例中4例で、スケーティング滑走においては4例ともピッチの増加によるものであった。このことから両滑走法とも、滑走速度の増加にはピッチの増加が大きく影響を与えていると考えられる。星川ら⁵⁾は、歩および走速度が低速度の段階で、速度の増加分は主として歩巾の増加分によって補われ、速度が走能力の限界に近づくにしたがって、速度の増加分は歩数の増加分によって補われる部分が大きくなると報告している。星

川ら⁵⁾の報告と同様に、交互滑走やスケーティング滑走においても、滑走速度の増加に対してピッチの増加が大きく影響を及ぼしていることが示唆された。

以上のように、滑走速度が速いものはストライドが大きく、滑走速度を増加させる時にはピッチの増加が大きく影響を及ぼすことが明らかになった。また、ピッチを増加させるときにストライドをいかに維持するかが重要であろう。

V ま と め

本研究の目的は、交互滑走とスケーティング滑走の滑走特性をみるために、旭川大学高等学校クロスカン トリースキー部の男子部員7名を被験者として、2.5km滑走を強度別(mod.・max.)、技術別(交互滑走・スケーティング滑走)に、計4回実施した。2つの滑走法において、各強度別の滑走速度と心拍数を測定し検討した。また、スケーティング滑走における滑走速度とピッチおよびストライドの関係を調査し、ピッチとストライドが速度増加に与えた影響について、次のことが明らかになった。

- ① 平均心拍数は、両滑走法間に大きな差はなく、平均心拍数の変動の範囲も160~190b/min.であり、従来の報告とほぼ一致していた。このことから、Karvonenら⁶⁾の報告と同様に、同等のHRレベルでスケーティング滑走のほうが交互滑走よりも速かったことから、スケーティング滑走は交互滑走と比較しても、より速く滑走するためには効率的な滑走法であることが再確認された。
- ② クロスカン トリースキーにおいて滑走速度の増加分は、ピッチの増加によって行われる。しかし、ピッチの増加によるスピードへの貢献度が、ストライドの減少による貢献度を上回るようにしなければならない。
- ③ スケーティング滑走におけるピッチ、ストライド、滑走速度の関係については、mod.で滑走速度とストライドの間には $r=0.88$ ($p<0.01$)の相関がみられ、ピッチとストライドの間には $r=-0.95$ ($p<0.01$)の逆相関が認められた。max.についても、滑走速度とストライドの間で $r=0.78$ ($p<0.05$)の相関がみられ、ピッチとストライドの間には $r=-0.94$ ($p<0.01$)の逆相関が認められた。

VI 参考・引用文献

- 1) 古川善夫・杉山喜一「1000m交互滑走の運動学研究」スポーツ教育学研究13, No2, pp105-113, 1993.
- 2) 古川善夫・杉山喜一「旭岳におけるクロスカン トリースキーの事例報告(その1)ースキー滑走中の心拍数ー」, 北海道教育大学大雪山自然教育研究施設研究報告, pp23-31, 1992.
- 3) 今村源吉・大塚美栄子・小林禎三・速水修・古川善夫・中込四郎「『歩くスキー』ーDiagonalStrideの運動学的特徴ー」日本体育学第30回大会号:pp547, 1979.
- 4) 今村源吉「歩くスキー」北海タイムス社, pp109-113, 1976.
- 5) 早川保・宮下充正・松井秀治「歩及び走における歩巾と歩数に関する研究ー各種速度における歩巾と歩数の関係ー」体育学研究, 16: pp157-62, 1971.
- 6) Juha Karvonen, Ryszard Kubica, Seppo Kalli, Boguslaw Wilk, and Szymon krasicki 「Effects of skating and diagonal techniques on skiing load and results in cross-country skiing」The journal of sports medicine and physical fitness, 27 : pp473-477, 1987.
- 7) 自由国民社「クロスカン トリースキー」:スポーツカタログ, pp70-71, 1978.
- 8) 北文明「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 昭和54年度保健体育専攻学生卒業論文集 1979.
- 9) 黒田善雄「スキー・ディスタンス」札幌オリンピックスポーツ科学研究報告, 日本体育協会, pp137-142.
- 10) 大田裕造他「スキー距離競技中の心拍数・呼吸数変動ー男子15km, 女子5kmー」日本体育協会スポーツ科学研究所, 体育

学研究, 14-5, pp238, 1969.

- 11) 杉山喜一・古川善夫「旭岳におけるクロスカントリースキーの事例報告(そのⅡ)」北海道教育大学大雪山自然教育研究施設研究報告: 27, 1992.
- 12) 全日本スキー連盟「競技スキー教程」スキージャーナル, pp155-162, 1989.