

## スキーターンと身体重心位置の関係

Analysis of the Body Position  
of Skiers during Turns

袖山 紘\* 三浦 望慶\*\* 池上 康男\*\*  
北村 潔和\*\* 松井 秀治\*\*

Hiroshi SODEYAMA\*, Mochiyoshi MIURA\*\*, Yasuo IKEGAMI\*\*,  
Kiyokazu KITAMURA\*\*, and Hideji MATSUI\*\*

In this preliminary investigation the position of the center of gravity of skiers at specific points during turns was analyzed and the influence of skill level and ski length determined. Three skiers, two highly skilled (Subject A and C) and one intermediate (Subject B) performed successive parallel turns to the right and left along arcs of 9m down a smoothed experimental slope of 13.5 degrees. Subject A and B used skis of 180cm while Subject C performed with three different skis, 85, 160 and 200cm in length. Eleven points 30 degrees apart along the two arcs were selected for analysis. Single photographs were taken simultaneously by two 35mm still cameras positioned at 90 degrees with one directed perpendicular to the skier's path at these points. The results revealed two fundamental movements of the center of gravity (C.G.) of skiers. The first was movement into the turn to counteract the centripetal force and second was forward-backward motion to create downhill and uphill rotations of the skis. During the first half of the first turn the skier's C.G. displaced inward and forward while during the second half it was displaced inward and backward. However, the C.G. was displaced inward and forward throughout the second turn. Movement of the C.G. backward reduced the speed of the skier as observed during the first turn. By maintaining the C.G. more forward as observed during the second turn the speed was increased. As a consequence, the skiers produced a wider path and lower velocity during the first turn while the intermediate skier (Subject B) demonstrate a wider path than the highly skilled skier (Subject A). Analysis of the trials by Subject C using different length skis indicate that the C.G. was displaced progressively more forward as the length of ski decreased, and thereby controlled excessive skidding and increased the force created by the edges of the skis against the snow. It is concluded that the position of the C.G. of skiers as measured in this study can be used for skiing technique and ski instructions.

## 1. 緒 言

スキーのターンは目指す滑降方向へスキーの向きを変えることと、滑降スピードをコントロールするために行なうものである。ところが、ターンを遂行するには直接、間接に数多くの影響因子があるため、方向やスピードをコントロールする確実な技術の修得は必ずしも容易ではない。

スキーのターンに直接影響を及ぼす因子としては、スキーヤー自身の身体の使い方、スキーの長さやスキー自体の持つ特性、雪や斜面の状態など

が考えられるが、これらの因子は相互に複雑な形で影響し合っており、ターンの技術を分析する上で困難さを伴っている。

しかしながら、これらの因子の中でもターンに対して最も大きな役割を果すのはスキーヤー自身の身体の使い方であり、他の因子は身体の動きを調節することによってある程度コントロールされ得る。したがって、スキーのターンを分析する上で最も基本的な問題は、ターンを行なう際のスキーヤーの身体の動きがターンにどのような影響を与

\* 金城学院大学  
\* Kinjo University

\*\* 名古屋大学総合保健体育科学センター  
\*\* Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University

えるかを追求することであり、この点を明らかにすることが実際の指導においても最も望まれる点である。

このようなことから、今日までのスキーターンに関する研究は方法の違いはあれこの点に集中している。すなわち、西脇他(1956)<sup>15,16</sup>、大西他(1956)<sup>18,19</sup>、(1957)<sup>20</sup>、穂坂他(1958)<sup>2,3</sup>、Voroshkin(1974)<sup>25</sup>、はいずれもターン遂行中の荷重測定を行ない、身体の動きが力としてどのように伝えられているかを検討している。また、猪飼他(1970)<sup>4</sup>、只木他(1968)<sup>24</sup>は筋電図を用いてターン中の下肢筋の活動状態を検討し、Krexa et al.(1974)<sup>8</sup>はスキーに加わる力と筋電図を同時に記録し、下肢筋の働きとスキーに加わる力の関係を明らかにしようとした。さらに、Fukuoka(1971)<sup>1</sup>は力の測定に加えてゴニオメーターを膝関節に装着し、ターン遂行中の膝角度の変化とスキーに加わる力について検討を加えている。また、身体全体の動きを映画撮影によってとらえ、ターンと身体の動きの関係を、谷田部(1955)<sup>26</sup>、(1956)<sup>27</sup>、猪飼(1970)<sup>4</sup>、Morawski(1973)<sup>12</sup>らが報告している。

これらの実際の測定を通しての研究以外に、名須川(1956)<sup>14</sup>、木下(1955)<sup>5,6</sup>、(1972)<sup>7</sup>らは力学的理論からスキーのターンを説明しようとし、柴田(1959)<sup>21</sup>は人間工学的立場からスキーのターンを考察している。さらに、桃井(1971)<sup>11</sup>は、あらかじめエッジングさせたスキーに荷重物を乗せて滑らせ、実験物理学的にターンを解明しようとしている。

このように、スキーのターンに関する研究は数多く行なわれているが、スキーヤーの身体の動きがターンにどのように影響するかを説明する上での最終的問題は、多くの研究者が指摘するように、スキーを含めたスキーヤーの重心の動きに集約される。しかし、ターン中のスキーヤーの重心位置を適確にとらえることはむづかしく、そのためこの点が残された問題となっている。

そこで、本研究はターン遂行中のスキーヤーの身体重心(スキー、靴などを含めたスキーヤー系の総合重心。以下CG: Center of Gravityとする)位置を三次元的にとらえ、ターンとCG位置の関係

を明らかにしようとした。また、スキーの長さの違いによりこれらの関係がどのように変化するかを、あわせて検討しようとしたものである。

## 2. 研究方法

(1) 実験場面の設定 スキーターン中の身体重心は撮影された写真から合成重心法によって求めたが、そのため、図1に示すような実験場面を設定した。斜面は13.5度のほぼ同一の傾斜を示すバーンであり、雪面は均一に踏み固められた状態であった。

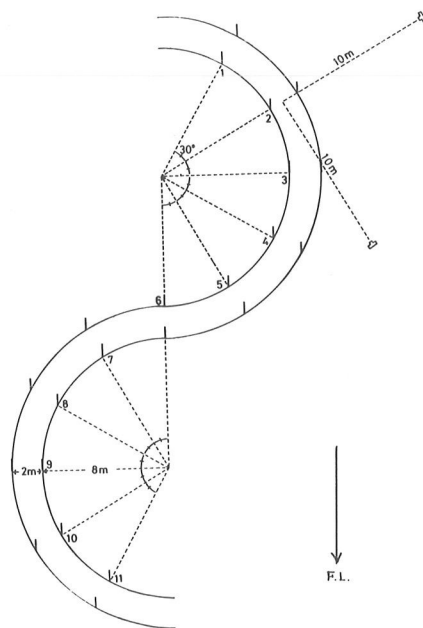


Fig. 1. Experimental conditions for photographing. Each number indicates the position of photographing for the skier's form. FL; fall line, 凸; camera. Inclination of slope is 13.5 degrees.

図1に示すごとく、ターンのコースは二つの半円を組み合わせたものとした。コースの内側の半径は8m、外側は10mであり、コースの幅は2mである。被検者はこのコースの中央附近を滑ったので、半径約9mのターンを行なったことになる。このコースは30度毎に11のポイント(1~11)に分けられ、それぞれのポイントでのスキーヤーの

フォームを撮影した。各ポイントにはコースの両側にフィルム上の距離の基準を示すポールを立てた。また、撮影にあたっては、コースの内側の円弧上に垂直と基準距離を示すポールを立てた。

撮影には2台のカメラを使用した。そのうち1台は各ポイントのコースの中央から10m離れた外側の位置（各ポイントでコースの接線に対して直角方向）にセットし、被検者のフォームを真横から撮影した。もう一台は各ポイントの接線方向で前方10mの位置にセットして、正面からのフォームを撮影した。すなわち、これら2台のカメラは各ポイントで直角二方向に置かれ、真横と正面からのフォームが同時撮影できるようにセットされた。

(2) 撮影方法 使用したカメラは2台の35mmスチールカメラである。これらのカメラは電氣的に同時にシャッターが切れるように工夫されており、モータードライブによってフィルムの巻上げがなされた。35mmカメラを用いたのは、撮影された写真より身体重心を算出する際に高い精度が必要であり、大きく引伸しのできる画像を得るためである。

撮影者は側面のカメラ位置から、被検者が各ポイントを通過した際に撮影したが、二台のカメラを同期したので、その時点での側面および正面のフォームが同時撮影されたことになる。

各ポイント全てについて撮影するため、カメラは各ポイント毎に移動を行なった。被検者は1つのポイント毎に1回ずつの試技を行なった。したがって、全てのポイントについて撮影するには被検者は11回の同じ試技を行なった。

また、ターンの際のスピードやフォームの連続的变化を観察するため、円弧の中心位置にMiliken D.V55 16mm High Speed Cine Cameraをセットして、毎秒32コマで撮影した。

(3) 被検者 被検者は全日本スキー連盟準指導員であるAと同程度の技術を持つC、および2級程度の技術を持つBの3名である。

実験1では被検者A、Bに長さ180cmのスキー(Swallow Professor)を用い、きっかけ時になるべく上下動を少くしたパラレルターンを行なわせた。

次に、実験2ではスキーの長さの違いとCG位置を検討するため、被検者Cに長さの異なる三本のスキー(85cm, 160cm, 200cm)をはき替えさせて同様のパラレルターンを行なわせた。

このような実験の場合、被検者の行なうターンは再現性が高く、毎回同じフォームであることが必要である。本実験の被検者となった3名は、技術差はあれ、長いスキー指導の経験を持つ者で、ことにA、Cはその技術程度も高く、再現性も十分高いとみられる。さらに、実験に先だって設定条件に合わせてターンの練習を十分行なったこと、ターンの弧の大きさが一般的なパラレルターンを行なう半径であったことなどから、この点の配慮は十分なされたものと考えられる。

(4) 身体重心位置(CG)の算出 CGの位置は松井(1958)<sup>9)</sup>の重心係数を用いた三浦ら(1974)<sup>10)</sup>の座標測定による合成重心算出法によって算出した。すなわち、ターン遂行中のスキーヤーを直角二方向(正面、真横)から撮影した写真を引伸して焼付、その写真より、身体各部の座標位置をグラフペンによって求め、その値をもとにCG位置

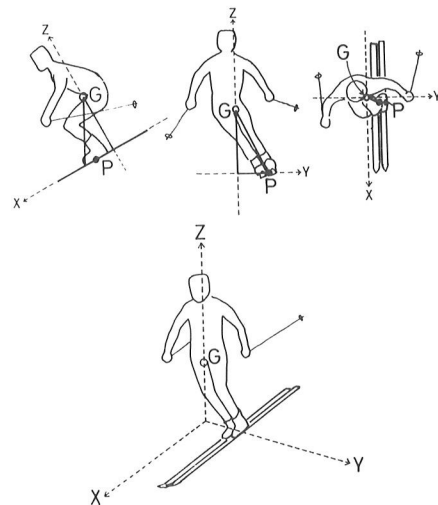


Fig. 2. Three-dimensional positions of the skier's C.G. (including ski equipments). G; the center of gravity of skier, P; the center of the rotary movement of skis.

Table 1. Distance from P to the skier's C.G. at each point. (cm)

X indicates the C.G. displacement of forward and Y indicates that of inward.

subject	A		B		C						
height (cm)	173		164		167						
length of the skis (cm)	180		180		85		160		200		
direction	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	
points of the taken photos	1	3.7	9.1	4.5	11.8	3.6	9.1	1.9	3.4	0	21.6
	2	8.2	36.1	4.5	29.6	3.7	37.5	3.0	34.2	2.9	27.6
	3	-0.3	35.0	-1.4	30.2	2.4	29.5	-0.4	26.1	-5.5	24.3
	4	-1.8	28.2	-2.6	26.9	0.7	29.3	-1.5	26.0	-7.8	24.0
	5	-2.6	23.9	-2.7	22.4	-1.6	25.1	-2.5	24.4	-10.8	23.3
	6	5.2	4.1	2.3	8.4	1.8	7.1	0.3	7.1	1.5	2.3
	7	8.6	18.8	2.4	27.8	10.3	26.4	7.6	25.9	6.9	23.7
	8	10.1	32.0	6.5	28.9	14.3	27.0	8.8	30.7	7.7	38.0
	9	7.7	28.5	6.1	28.6	14.0	28.1	8.8	30.0	8.8	30.7
	10	4.1	26.5	4.7	25.9	9.9	23.5	9.0	26.2	11.3	27.0
	11	3.2	17.1	-0.4	24.6	9.0	23.3	8.2	23.0	6.6	22.9

を算出した。その際、スキーおよびスキー靴についても各々の重心位置を予め調べ、これらを含めた総合重心をCGとした。

スキーターンは図2に示すごとくX（前後）、Y（左右）、Z（上下）の三つの座標で示す空間で行なわれる。被検者を真横から撮影した写真からはX-Z方向のCG位置が得られ、正面の写真からはY-Z方向のCG位置が求められる。そして、この両者を合成することにより、X-Y方向の（上方から見た）CG位置が求められることになる。

#### (5) スキーの回転運動の中心点(P点)の測定

スキーターンとCG位置を検討するためにあたって、基準となるスキーの回転運動の中心点(P点)を定める必要がある。この点を決定するため、各被検者にフォールラインに対してスキーを直角に保った真下横すべりを行なわせ、フォールライン方向から35mmカメラによる撮影を行なった。撮影した写真よりCG位置を算出し、CGから降した鉛直線がスキーと交わる点をスキーの回転運動の中心点、(P点)とした。

このようなフォールライン向きの真下横すべりはスキーに対する雪の抗力の作用線と重力の作用線が一致しているために行なうことができること

になる。もし、P点上からCGが前あるいは後に移動すると力の作用点間にずれを生じるため、スキーは先下がり、あるいは後下がりの回転運動を起すことになる。<sup>5)</sup>ただし、CGの前後の移動に伴って雪の抗力の作用点もわずかに前後するが、この点が重力の作用線を通り越して前後に移動することはあり得ないため、<sup>5)</sup>ここではP点をスキーの回転運動の中心とし、ターン遂行中のCG位置の移動とP点の関係について検討を行なった。

### 3. 結果と考察

スキーターン中のCGは、図2に示したように、X、Y、Zの三方向に変化する。このうち、Z方向については、ターンのきっかけ時の抜重動作等と関係しようが、本実験ではなるべく上下動を少なくしたパラレルターンを行なわせたことから見て、ターンそのものに与える直接的な影響は極めて小さいものと考えられる。したがって、本研究ではX方向（前後）とY方向（ターン内側）へのCGの移動についてのみ検討した。

表1は、各被検者がパラレルターンを行なった際のP点とCG間の距離をX方向、Y方向に分けて11のポイントについて示したものである。いずれの被検者もCGの移動には類似した傾向を見せている。

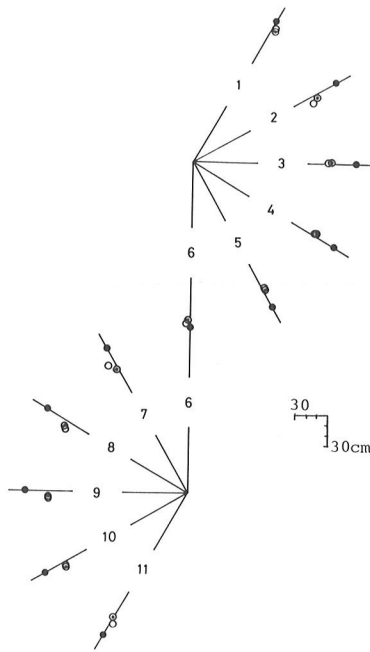


Fig. 3. The X-Y displacement of the C.G. at each point in subject A and B. ●; P, ○; C.G. position of subject A, ⊙; C.G. position of subject B.

また、図3は表1をもとに、被検者A、Bがパラレルターンを行なった際のCG位置のX-Y方向への変化を11のポイントについて示したものである。

(1) CGのY方向(ターン内側)への移動

図3に見られるように、CGのターン内側への移動は、被検者A、Bとも第1のターンではポイント1・2・3と次第に大きくなり、4・5・6と小さくなっている。この傾向は続く第2のターンのポイント7~11についても同様である。

このように、CG位置をターン内側へ移動させる目的の一つは、滑走加速度をターンの内側へ向ける、いわゆるターンのための求心力を得るためであると考えられる。木下<sup>5)</sup>は、「スキーの曲線運動は、スキーの進行方向に対して雪の抗力が垂直な成分を持つことによって生ずる」としているが、これはCGをターン内側へ移動させることによ

て可能となり、スキーに曲線運動を与えるためには求心力が必要であることを示している。この求心力の大きさは、ターンのスピードや円弧の大きさによって異なるが、本実験結果が示すように、ターンの進行に伴ってその大きさは変化する。すなわち、スキーはCGをターンの初期から次第に内側へ移動させ、中盤で最大となり、その後その幅を次第に小さくしながらこの力を生み出してターンを行なっていると言える。

また、CGをターン内側へ移動させる第二の目的は、CGの内側への移動に伴うエッジングによって、スキー底面への側圧力を生じさせるためである。大西は<sup>17,18)</sup>CGにクリスチニアの弧を描かせるのは、スキーの内エッジ(回転内側のエッジ)のエッジングにより、回転外側からの雪の側圧力を受けることであることを指適している。

さらに、このような求心力やエッジングの大きさは、スキーというある長さを持った物体を円弧に添って進行させるということからみて、CGの前後の移動による影響も当然受けるものと考えられる。

技術差のある被検者A、BのCGのターン内側への移動を比較すると、技術程度の優れた被検者Aの移動が幾分か大きい傾向を示している。しかしながら、両者の身長差によるP点とCGの距離を考慮すると、CGの内側への移動は両者とも同程度、あるいはAの方が小さい傾向にあるものと見てよいであろう。

(2) CGのX方向(前後)への移動

表1、図3に示したように、X方向のCGはターン前半(ポイント1・2、7・8)ではP点よりかなり前方に置かれている。ターンの後半(ポイント4・5、10・11)については、第1のターンではCGをP点よりも後方に移動させているが、第2のターンではわずかながらP点よりも前方に置いている。

木下<sup>5,6)</sup>、名須川<sup>13,14)</sup>らは、「斜滑降からエッジングをゆるめながらCGを前方へ移動させるとスキーは先下がりの回転運動を起す」としているが、本実験では明らかにこの条件が見られる。すなわち、ターン前半(ポイント1・2及び7・8)

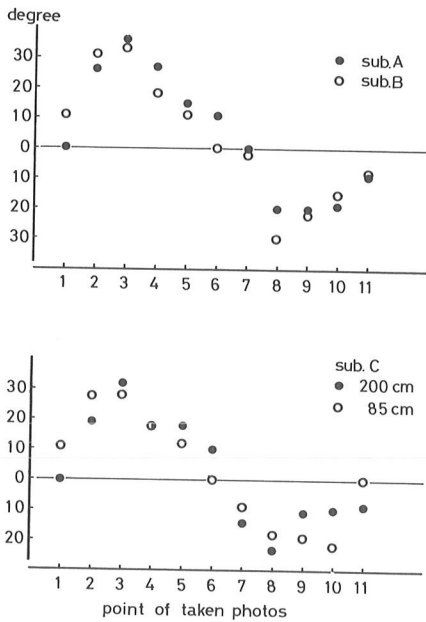


Fig. 5. Angle of the skis inward from the tangent line at each point.

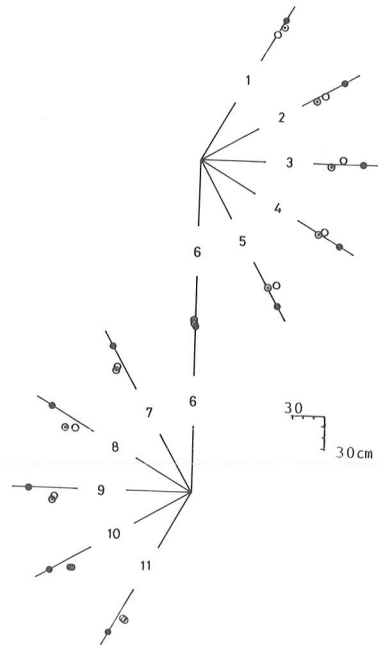


Fig. 6. The X-Y displacements of the C.G. of subject C with different skis of 85 (○) and 200 cm ● in length.

の程度に差はあれ、必ず横すべり状態が出現することを示し、スキーというある長さを持つ物体を常にターンの接線方向にその向きを向けながらターンを行なうことの困難さを表わしているといえよう。

以上に述べた(1)~(3)の結果から、スキーターンでは、CGの移動がターンをひき起し、そのターンを継続するための主要因となっているものと言えよう。

(4) 長さの異なるスキーでのターンとCG位置の関係

図6は、被検者Cが85cm(以下短いスキーとする)、200cm(以下長いスキーとする)のスキーでパラレルターンを行なった際の各ポイントにおけるP点とCG位置の関係を示したものである。なお、160cmについては図の混乱を避けるために省略した。

この図から、長短両スキーのCGの内側への移動を見ると、第1のターンでは短スキーの方が移

動の幅が大きい。第2のターンでは長短両スキーの内側への移動の差はほとんどない。一方、CGの前後の移動は、ほとんど全てのポイントを通じて短スキーの場合がCGを前方に置いている。

スキーの長短とCG移動の関係は、一般的にはスキーの長さが短くなるほど雪の抗力を受ける面が小さくなることから、同一弧のターンを行なうには短スキーの場合ほどCGの移動の幅は小さくてよいものと考えられる。したがって、本実験の被検者Aの短スキーでのターンでは、特にターン前半でのCGの前方、内側への移動は過度であることが推察される。このような、ターン前半でのCGの移動の過剰はターンの弧を小さくし、スキーの横ずれを大きくすることになり、実験条件の弧の上を滑るためにはまわり過ぎや、過度の横ずれをおさえることが必要となる。これがターン後半のCGの前後の移動に長短両スキーの違いが生じた原因と見られる。すなわち、短スキーの場合

合にターン後半でも CG を P 点より前方に置いて  
 いるのは、ターン前半に CG を前方内側へ大きく  
 移動させたことによって、大き過ぎるほどのスキー  
 の先下がりの回転運動を起したため、ターン中盤  
 以降 CG を前方に置くことによりスキーの先上り  
 の回転運動の生ずるのをおさえ、さらに横ずれに  
 よるスキーの向きの変化を極力おさえるためにな  
 されたものと見られる。また、接雪面の短い短  
 スキーでは、長いスキーの場合よりも強いエッジ  
 ングが必要である。このような強いエッジングは  
 主に足首、膝の強い前屈によって行なわれ、CG  
 が前方にある場合ほどスキー前部のエッジに加わ  
 る力は強くなる。したがって、短スキーでは、横  
 ずれをおさえるためのエッジングの強化という意  
 味から、ターン後半では長スキーの場合よりも CG  
 を前方に置く必要があったものと言えよう。

(5) CG 移動による求心力、およびスキーに加  
 わる力の推定

スキーターンにおける求心力は、ターンを等速  
 度円運動に近似することにより、近似的な値を求  
 めることができるので、スキーに加わる力と合わ  
 せて算出し、検討を加えた。

半径  $r$ 、速度  $V$  の等速円運動において、この円  
 運動に要する求心力（法線方向への力） $F_c$  は次の  
 ような関係となる。

$$\alpha = \frac{V^2}{r} \quad (\alpha: \text{加速度})$$

スキーヤーの質量（スキー、靴等を含む）を  $M$  と  
 すると、

$$F_c = m\alpha = M \cdot \frac{V^2}{r}$$

これに実験の際の被検者 C を例にとり、質量  $78 \text{ kg}$ 、  
 半径  $9 \text{ m}$ 、 $16 \text{ mm}$  映画フィルムより求めたターンの  
 平均速度  $7 \text{ m/sec}$  を代入すると、

$$F_c = \frac{78 \text{ kg} \times 7 \text{ m/sec}}{9 \text{ m}} = 424.7 \text{ N} \\ = 43.3 \text{ kg}$$

となる。したがって、半径  $9 \text{ m}$  の円周上を秒速  $7 \text{ m}$   
 で質量  $78 \text{ kg}$  の物体が等速円運動を行なう際には  
 $43.3 \text{ kg}$  の求心力が必要となる。

そこで、スキーヤーの正面の写真から求めた CG

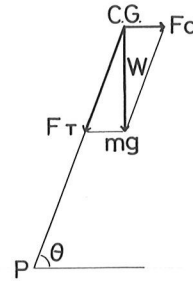


Fig. 7. Applied force on skier's C.G. during a  
 turn. (from front view)

位置と P 点の関係を図 7 のように表わし、P 点と  
 CG を結ぶ線が雪面となす角  $\theta$  を求めることによ  
 り、実際にターンを行なった際の求心力  $F_c$  と、ス  
 キーに加わる力  $F_T$  は次のような関係となる。

$$\vec{W} = \vec{mg} = \vec{F}_c + \vec{F}_T$$

$$\tan \theta = \frac{mg}{F_c} \quad \therefore F_c = \frac{mg}{\tan \theta}$$

$$\sin \theta = \frac{mg}{F_T} \quad \therefore F_T = \frac{mg}{\sin \theta}$$

被検者 C の  $85 \text{ cm}$ 、 $200 \text{ cm}$  のスキーで滑った際の CG  
 の移動の大きいポイント 2、および 8 の  $\theta$  の値を  
 写真から求めて上式に代入し、 $F_c$ 、 $F_T$  を求めると、  
 ポイント 2

$$85 \text{ cm} \quad F_c = 43.3 \text{ kg} \quad F_T = 89.2 \text{ kg}$$

$$200 \text{ cm} \quad F_c = 33.9 \text{ kg} \quad F_T = 85.0 \text{ kg}$$

ポイント 8

$$85 \text{ cm} \quad F_c = 33.9 \text{ kg} \quad F_T = 85.0 \text{ kg}$$

$$200 \text{ cm} \quad F_c = 45.9 \text{ kg} \quad F_T = 89.5 \text{ kg}$$

となる。これらの値は、猪飼ら<sup>4)</sup>が映画フィルム  
 より求めた  $7 \text{ m/sec}$  程度の速度でのスキー滑走時の  
 値とほぼ一致している。

また、ポイント 2、8 で得られた値を、先に求  
 めた等速円運動の際の求心力  $43.3 \text{ kg}$  と比較すると、  
 ほぼ近い値となっている。ここで、ポイント 2 で  
 は  $200 \text{ cm}$  の場合、ポイント 8 では  $85 \text{ cm}$  の場合が先  
 に求めた値より小さな値となっているのは、本実験

でのターンが、必ずしも等速度でなされたとは限らないことや、横ずれによる曲率半径の違いが生じた可能性があることなどに原因があろう。

また、スキーに加わる力 $F_T$ は、 $F_C$ の場合ほどの大きな差は見られず、最大でもスキーヤーの質量プラス10kg前後になるものと見てよいであろう。

なお、今回の実験の左右のターンにCGの移動の違いが生じた原因は、被検者個々のパターンとしての左右の違いによるものかも知れないが、それ以上に第1のターンに入る前にターンを行なった斜面が急であったことにより、第1のターンに入る際のスピードがかなり大きく、実験条件の円弧に合わせようとスキーをターンさせたことにも原因があったものと考えられるので付言しておく。

#### 4. 結 論

スキーヤーの身体の動きがターンにどのような影響を与えるかを知るために、ターン遂行中のスキーヤーのフォームを直角2方向から35mmステールカメラに同時撮影し、この写真から動作中の総合重心(CG)を三次元的に求め、ターンの遂行とCG位置の関係を検討した。この結果、以下のような点が明らかになった。

##### (1) ターンに対するCG移動の基本的役割

① CGのターン内側への移動は、ターンに必要な求心力を生み出し、エッジングによるスキー底面への側圧力を与えるために行なわれる。

② CGの前後方向への移動は、スキーに先下がり、あるいは先上がりの回転運動を与える。

##### (2) ターンの遂行とCG位置の関係

① ターンの初期には、スキーに先下がりの回転運動を与え、求心力を得るためにCGは前方、内側へ移動する。

② ターン初期におけるCGの前方への移動が小さい場合には、内側への移動を大きくしてスキーの方向を変化させる。また、このようなターンの中盤以降は、CGをP点より後方へ移動させることにより、スキーに先上がりの回転運動を与えてターンを行なう。

③ ターン初期におけるCGの前方への移動が大きい場合には、スキーに先下がりの回転運動を十分与え得るため、中盤以降もCGをP点

よりも前方に置いたままにした、いわゆる切り込み的ターンが見られる。

##### (3) スキーの長さの変化とCG位置の関係

短かいスキーで長いスキーと同じ大きさのターンを行なうには、過度な横ずれやまわり過ぎをおさえるために、ターン後半では長いスキーよりもCGを前方に置き、エッジングを強めることが必要である。

(この研究にあたっては、昭和50年度文部省科学研究費の助成を受けた)

#### 参 考 文 献

- 1) Fukuoka, T., Belastung und kniewinkeländerung bei den verschiedenen schwungarten beim alpinen skilaut. Scientific study of skiing in Japan. Hitachi Co. 89~97, 1971.
- 2) 穂坂直弘, 土踏まず荷重と重心の位置, スキーの科学, 4:48~50, 1958.
- 3) 穂坂直弘, 萩三二, 山崎慎一郎, 回転時の荷重測定, スキーの科学, 4:21~27, 1958.
- 4) 猪飼道夫他, スキーアルペン. 札幌オリンピックスポーツ科学研究報告, 157~180, 1970.
- 5) 木下是雄, スキーの力学, スキー講座2, 白水社 116~138, 1955.
- 6) 木下是雄, 直滑降における重心の位置, スキーの科学, 2:7~14, 1955.
- 7) 木下是雄, 穂坂直弘, スキーの物理と力学, 日立製作所, 1972.
- 8) Krexa, H, C. Grimm, E. Asang, Experimental Bioteremetry in Alpine Skiing. Bioteremetry II S. Karger, 124~126, 1974.
- 9) 松井秀治, 運動と身体の重心, 体育の科学社 1958
- 10) 三浦望慶, 池上康男, 松井秀治, 部分及び合成重心係数を用いた座標測定方式による合成重心の算出. 体育の科学, 24(8):517~522, 1974.
- 11) 桃井泰彦, スキーのターンメカニクに関する考察. 東京教育大学体育学部修士論文, 1971.
- 12) Morawski, J. M., Control systems approach to a ski-turn analysis. J. of Biomechanics 6: 267~279, 1973.
- 13) 名須川渡, クリスチャニアの解析(その1), スキーの科学, 3:37~42, 1956.
- 14) 名須川渡, 回転の力学に関すること, スキーの科学, 3:46~49, 1957.
- 15) 西脇仁一, 萩三二, 平田賢, 回転時の荷重測定(1), スキーの科学, 3:16~20, 1956.



[March, 1978]

- 16) 西脇仁一, 穂坂直弘, 萩三二, 回転時の荷重測定 (2). スキーの科学, 3 : 21~27, 1956.
- 17) 大西勤, クリスタニアのメカニズム (その1). スキーの科学, 2 : 33~44, 1955.
- 18) 大西勤, クリスタニアのメカニズム (その2). スキーの科学, 3 : 31~36, 1956.
- 19) 大西勤, 坂田五夫, 回転時の荷重測定. スキーの科学, 3 : 27~30, 1956.
- 20) 大西勤, 長岡振吉, スキーと靴との間に働く力の測定. スキーの科学, 4 : 28~36, 1957.
- 21) 柴田碧, ある立場から見たスキーの2つのタイプ (人間工学とスキー). スキーの科学, 5 : 35~39, 1959.
- 22) スキー科学研究会編, 日本のスキー科学, 日立製作所, 1971.
- 23) Sodeyama, H., M. Miura, K. Kitamura, H. Matsui, University Park Press., 271~276, 1976. gravity during a ski turn. Biomechanics V-B University Park Press. 271~276 1976
- 24) 只木英子, 木村順子, 中野ふみ子, 宮司公子, スキーの筋電図学的研究. 金城学院大学論集, 家政学編, 8 : 51~56, 1968.
- 25) Voroshkin, G. Radio-telemetric method of evaluating force-dynamic values in alpine skiing Bioteremetry II S. Karger 118~120 1974
- 26) 谷田部善雄, スキー回転技術の多方向撮影. 第1報, スキーの科学, 2 : 15~16, 1955.
- 27) 谷田部善雄, スキー回転技術の多方向撮影. 第2報, スキーの科学, 3 : 11~15, 1956.

