

## スキーにおける不整地での滑走動作と姿勢安定範囲について

### Kinematic analysis of body movement and stable range of balance-maintaining posture when skiing over a bump

池上 久子\*<sup>1</sup> 三浦 望慶\*<sup>2</sup> 池上 康男\*<sup>3</sup>  
袖山 紘\*<sup>4</sup> 橋本 勲\*<sup>5</sup>

Hisako IKEGAMI\*<sup>1</sup> Mochiyoshi MIURA\*<sup>2</sup> Yasuo IKEGAMI\*<sup>3</sup>  
Hiroshi SODEYAMA\*<sup>4</sup> Isao HASHIMOTO\*<sup>5</sup>

The range of posture and body movement in which balance could be maintained while skiing over a bump on a straight downhill run was investigated.

A bump was constructed on a slope with 13.5-degree inclination. The bump was 0.5m high and 2m long. One highly skilled, two intermediate skiers and two beginners were employed as subjects. Each skier was asked to run straight down over the bump using a different kind of posture each time in the course of three runs: 1) normal, 2) maximum forward and 3) maximum backward leaning. Body movement in each trial was filmed from the side using a 16mm high speed instrumentation camera (100 f.p.s.). By analyzing the film, the angle of hip, knee and ankle joints as well as the body inclination and the location of center of gravity (C. G.) were obtained.

The stable range of balance from maximum forward to maximum backward leaning posture was greater and the locus of C. G. was more parallel to the slope in the highly skilled skier. More detailed analysis of body movements showed that the flexion and extension of hip and knee joints when passing over the bump were important to absorb the shock of the bump. Comparison of these movements of the highly skilled skier with those of others revealed the most significant difference to be the range of the knee joint angular change.

Results of this investigation showed that the highly skilled skier is able to traverse the next bump successively even though he or she temporarily assumes a forward or backward leaning posture after skiing over the preceding bump. Moreover, his or her outstanding shock absorbing movement also serves to avoid falling into any of these postures.

#### 〈目 的〉

スキー場には自然の地形によるものや、スキーヤーが滑走することによって生じるコブ等によるさまざまな不整地が見られる。滑走により生じるコブは、急斜面や中斜面だけではなく、最近では初級者が滑る緩斜面にさえも見られる。したがって、スキーヤーにとってコブがある不整地を滑る機会は益々多くなってきている。このような不整

地での滑走では、整地滑走にはない特有の技術が要求される。その中で最も重要なものの一つは、いわゆるコブ越えの技術である。

コブ越えの際には斜度が急激に変化し、コブから足に受ける力の大きさや方向も急激に変化する(衝撃力を受ける)。さらに、コブの登り斜面では、スキーは後回りの回転(スキーの先端部を持ち上げるような回転)を起こす。逆に、コブの下り斜面では、スキーを雪面から離さずに(飛ばされず

\*<sup>1</sup>名古屋聖霊短期大学 \*<sup>2</sup>上越教育大学 \*<sup>3</sup>名古屋大学 \*<sup>4</sup>金城学院大学 \*<sup>5</sup>中京女子大学  
\*<sup>4</sup>Nagoya Holy Spirit Junior College \*<sup>5</sup>Joetsu University of Education \*<sup>3</sup>Nagoya University  
\*<sup>4</sup>Kinjo Gakuin University \*<sup>5</sup>Chukyo Women's College

に) 滑走する場合には、スキーは前回の回転(先端部を下げるような)を起こす<sup>2)3)</sup>。このようにスキーが回転を起こすことによっても、コブ越えの後に一時的な姿勢の乱れ(特に後傾姿勢)が生じやすくなる。

コブが一つだけであるならば、一時的な姿勢の乱れをコブ通過後に回復することが可能な場合もある。しかし不整地には単一のコブだけでなく、数多くの連続したコブが存在しているのが普通である。スキーヤーが不整地滑走中に転倒する原因は、一つのコブを通過した後にバランスを崩し、次のコブに対処できなくなることによる場合が多い。すなわち最初のコブを通過した後に、一時的な前傾や後傾姿勢が生じ、次のコブまでに姿勢を回復することが困難な場合が多い。したがって、連続して不整地を滑り続けるためには、ある程度前傾や、後傾姿勢のままコブに進入しても、バランスを失わずにコブ越えができることが必要であろう。

一方、個々のスキーヤーには、その時の滑走速度や斜度、コブの大きさ等の条件に応じて固有の滑走可能な前傾及び後傾の限界が存在するであろう。この前傾及び後傾の両限界の間をコブ越えに関する姿勢の安定範囲と呼ぶことができよう。

これまでの不整地滑走時の研究では、主にコブ越えの際の衝撃吸収の面から多くの研究が行われてきた。Iizuka<sup>1)</sup>、Miyashitaら<sup>7)</sup>は技術レベルの違いによる下肢関節や、上体の角度変化について、清水<sup>9)</sup>は身体各部の移動軌跡について報告している。また袖山ら<sup>10)</sup>は不整地滑降時に滑走速度や、コブの大きさに合わせて、脚部及び腰関節で調節がなされていることを報告している。さら

に水野ら<sup>8)</sup>はコブで飛ばされないように(「なめるように」)して滑走した場合と、普通に滑走した場合での下肢関節角度の変化を報告している。一方三浦ら<sup>4)6)</sup>はコブのない平らな斜面での直滑降やプルークにおいて、転倒せずに滑走可能な前傾及び後傾の限界を姿勢の安定範囲とし、技術レベルとの関連について報告している。しかしながら、不整地滑走に関してこのような姿勢の安定範囲について論じた研究は見あたらない。

そこで本研究は、普通姿勢、前傾姿勢及び後傾姿勢という異なる姿勢でコブに進入し、コブ越えを行わせることにより、転倒せずに滑走できる姿勢の安定範囲を求めることを目的とし、さらにこの姿勢の安定範囲内における衝撃吸収動作としての身体の動きを、腰及び脚部の動きの面から検討しようとしたものである。

#### 〈研究 方 法〉

測定は1980年3月11日、12日に長野県菅平スキー場にて行った。天候は晴、雪質は湿雪であった。

被検者は5名でその内訳は、上級者1名、中級者及び初級者各2名ずつであった。各被検者の年齢、性別、技術レベル等を表1に示した。

実験に用いたスキーは長さ170cmの同一モデルのものであった。スキー靴は各被検者が使用しているもので、いずれもプラスチック製でハイバックのものであった。

実験は斜度13.5度の均一な踏み固められた斜面で行われた。滑走コースはフォールラインに向かって作り、コースの中央に人工的に長さ約2m、幅約1m、高さ約50cmのコブを作った(図1)。

Table 1. Physical characteristics and skill levels of subjects.

Subjects		Age	Sex	Height	Weight	Skill level
Highly skilled	A	36 yr	Male	167.0 cm	76.0 kg	SAJ Instructor
	B	36	Male	168.0	60.5	3 rd class
Intermediate	C	33	Male	172.0	64.0	3 rd class
	D	21	Female	158.6	54.0	Experience 15 days
Beginner	E	21	Female	160.0	51.0	Experience 15 days

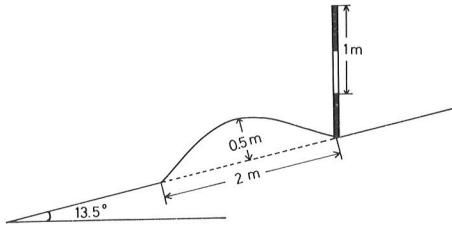


Fig. 1. Shape of the bump.

各被検者ともコブ越えの練習を行った後に、試技を行った。試技にあたって、各被検者に普通姿勢及び転ばないで滑れる範囲で最大限の前傾姿勢、最大限の後傾姿勢の三つの姿勢でコブに向かい、できるだけコブで飛ばされないように滑るよう指示した。しかし、コブ通過後の姿勢については何も指示しなかった。各試技のスタート位置は、中、上級者はコブの上方 10m、初級者はコブの上方 5m であった。これは技術差による危険防止を考慮したためである。各姿勢での試技は 2 回行わせ、その内でより安定して行われたと見られる試技を分析の対象とした。

滑走中の動作を記録するために、コブの側方 20m の所に 16mm 計測用カメラを固定し、毎秒 100 コマのフィルムスピードでフォームの撮影を行った。撮影にあたって垂直方向及び距離の基

準となるリファレンスボールを同一画面上に写し込んだ (図 1)。得られたフィルムより身体各部位の座標をフィルムモーションアナライザーにより計測し、得られた座標からスティックピクチャーを作製した。さらにこれらの座標から計算により、腰、膝、足首の関節角度、身体重心位置、滑走速度等を求めた。身体重心の算出には松井の系数に基づく三浦らの座標測定による方法<sup>5)</sup>を用いた。

〈結 果〉

1. 滑走速度と滑走姿勢の概略

表 2 は各試技におけるコブ通過前後の滑走速度を示したものである。中、上級者と初級者ではスタート位置が異なるため、コブ通過前後の滑走速度は異なるが、スタート位置が同じ被検者間では大きな速度の差は見られなかった。

図 2, 3, 4 は上, 中, 初級者各 1 名について、それぞれの姿勢における滑走中のフォームを 4 コマごとにスティックピクチャーで示したものである。このスティックピクチャーは、頭頂, 耳, 肩峰, 大転子, 膝関節, 足関節を結んだものである。

頭部の移動軌跡についてみると、上級者は初級

Table 2. Running speeds before and after passing over the bump.

Subjects		Posture	Before bump	After bump
Highly skilled	A	Normal	4.71 m/sec	5.88 m/sec
		Forward	4.59	6.13
		Backward	4.51	5.55
Intermediate	B	Normal	4.47	5.68
		Forward	4.52	5.67
		Backward	4.88	5.64
	C	Normal	4.55	5.67
		Forward	5.05	6.08
		Backward	4.92	5.97
Beginner	D	Normal	2.27	2.77
		Forward	2.17	2.76
		Backward	2.25	2.66
	E	Normal	2.25	2.68
		Forward	2.23	2.65
		Backward	2.26	2.61

Highly Skilled

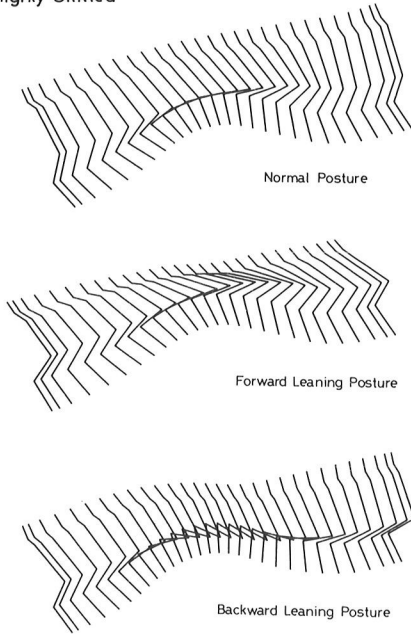


Fig. 2. Stick pictures of a highly skilled skier skiing over the bump.

Intermediate

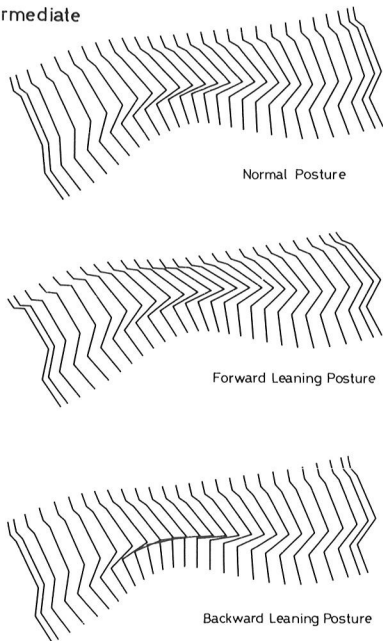


Fig. 3. Stick pictures of an intermediate skier skiing over the bump.

Beginner

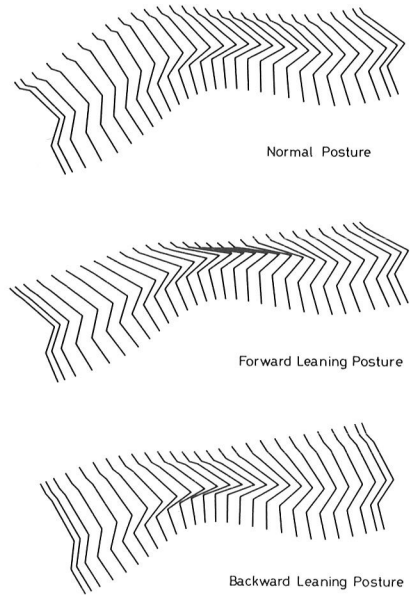


Fig. 4. Stick pictures of a beginner skiing over the bump.

者に比べ普通姿勢と前傾姿勢では、コブの存在に関係なく斜面と比較的平行に近く、直線的であった。一方中、初級者は軌跡がコブの形に近く、曲線的であり、その傾向は特に普通姿勢において顕著であった。

腰部の移動軌跡についてみると、頭部と同じ傾向が見られ、上級者は直線的であり、中、初級者は曲線的であった。

上体についてみると、中、初級者は三つの姿勢とも滑走中を通して上体の前傾が大きく、上体がかぶった姿勢であり、この傾向は特にコブの頂点附近で顕著であった。このような姿勢は、上級者では前傾姿勢の際だけに見られ、普通及び後傾姿勢では滑走中を通し上体の傾きはほぼ一定に保たれていた。こうした傾向は他の被検者についても同様であった。

2. 重心の移動軌跡

滑走中の身体重心の移動軌跡についてみると、上級者は三つの姿勢とも比較的直線的な（コブの存在に関係なく斜面と平行に近い）移動軌跡を示していた。逆に初級者ではこの移動軌跡は曲線的

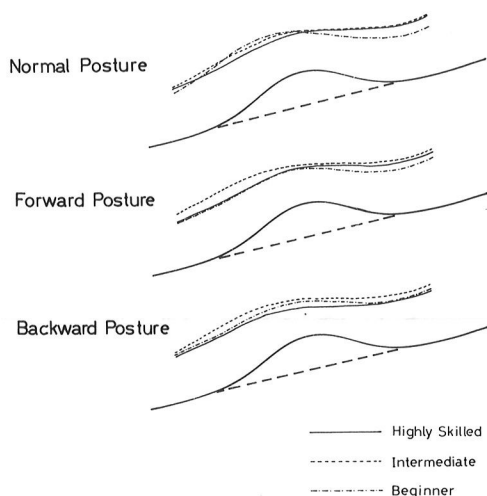


Fig. 5. Trajectories of center of the gravity of body skiing over the bump.

(コブに近い形)となっていた。また中級者は両者の中間的な傾向であった(図5)。コブを越える際の重心の軌跡は、技術レベルが高いほど直線に近い形となる傾向があったが、それは普通姿勢で最も顕著であった。

身体重心の移動コースの最高点を斜面からの高さとして比較してみると、上級者は普通及び前傾姿勢では、その最高点はコブの頂点近くにあったが、中、初級者ではコブの頂点を通過した後に最高点がくる傾向にあった。しかし、後傾姿勢では技術レベルによる明瞭な差はみられなかった。

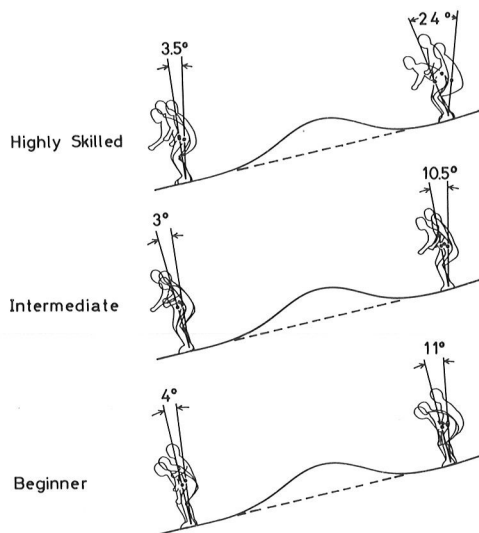


Fig. 6. Stable ranges of posture. (See text.)

### 3. 姿勢の安定範囲

図6は、上、中、初級者各1名が三つの姿勢で滑走した時の、コブ進入前及びコブ通過後のフォームと、姿勢の安定範囲を示したものである。この姿勢の安定範囲は、足首と重心位置とを結ぶ直線の成す角度の変化する範囲とした(図6参照)。

コブに進入する以前のフォームをみると、上級者は前傾や後傾の度合が中、初級者と比較して明らかに大きかった。したがって姿勢の安定範囲も上級者では24度と大きく、それに対し、中、上

Table 3. Inclination angles of body before and after passing over the bump and stable ranges of posture.

$\theta_N, \theta_F, \theta_B$ : Inclination angles in normal, forward and backward leaning posture.

$\Delta\theta$ : Stable range of posture. (See text.)

Subjects		Before bump				After bump			
		$\theta_N$	$\theta_F$	$\theta_B$	$\Delta\theta$	$\theta_N$	$\theta_F$	$\theta_B$	$\Delta\theta$
Highly skilled	A	102.5°	112.0°	88.0°	24.0°	115.0°	113.0°	111.5°	3.5°
	B	96.0	101.5	91.0	10.5	114.5	112.5	111.5	3.0
Intermediate	C	99.0	108.4	91.0	17.4	114.5	119.5	112.5	7.0
	D	99.0	103.0	92.0	11.0	111.5	113.0	109.0	4.0
Beginner	E	99.5	100.5	86.5	14.0	107.5	113.0	111.5	5.5

級者は 17~10.5 度と小さかった。

しかしコブ通過後のフォームをみると、すべての被検者とも前傾から後傾の範囲は 3~7 度で、普通姿勢に近い姿勢となっていた。各被検者について、コブ通過前後の身体の傾きを、重心と足首を結ぶ線の水平に対する角度として姿勢の安定範囲と共に表 3 に示した。

4. 下肢関節の角度変化

図 7, 8, 9 は上, 中, 初級者各 1 名について三つの姿勢における腰関節, 膝関節, 足関節の関節角度変化を示したものである。図はコブの頂点を基準にし, その前後を 0.04sec ごとにプロットしたものである。

腰関節についてみると、スタートしてからコブの頂点通過直後になされる最大屈曲までの角度変化は、上, 中級者では全ての姿勢とも 70 度前後であった。初級者では前傾及び後傾姿勢の場合、上, 中級者と殆ど同じ角度変化を示していたが、普通姿勢の場合は小さい傾向であった。しかし、頂点通過後の腰関節の伸展の大きさは、各々の被検者とも全ての姿勢で同程度であった。

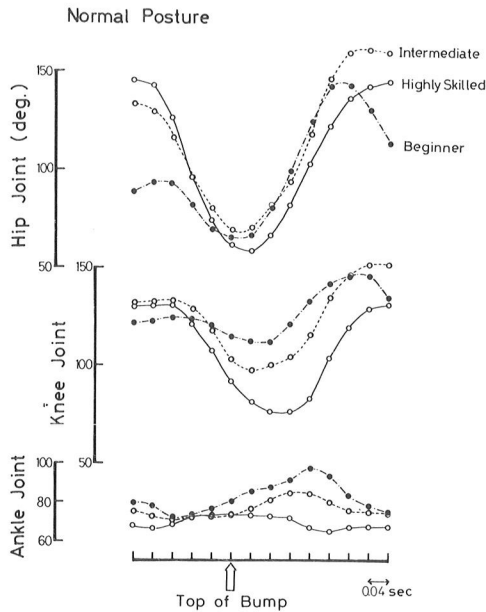


Fig. 7. Changes in angles of hip, knee and ankle joints passing over the bump in normal posture.

Forward Leaning Posture

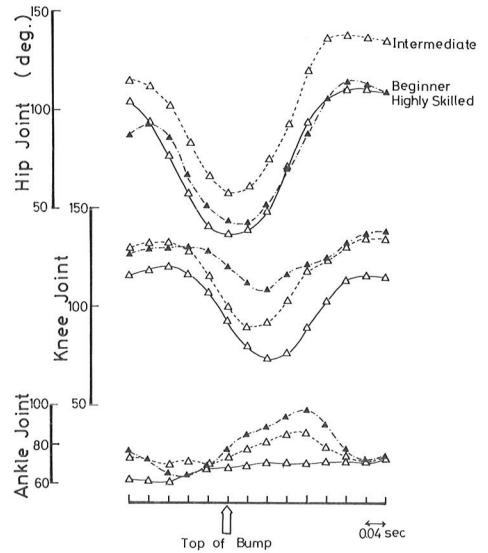


Fig. 8. Changes in angles of hip, knee and ankle joints passing over the bump in forward leaning posture.

Backward Leaning Posture

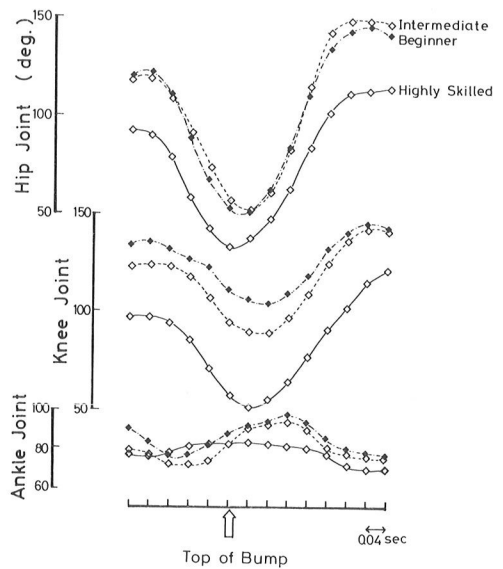


Fig. 9. Changes in angles of hip, knee and ankle joints passing over the bump in backward leaning posture.

**Table 4.** Changes in angle of knee joint passing over the bump. $\Delta\theta_1$ ,  $\Delta\theta_2$ : Angular changes of knee joint during flexion and extension phase. $\theta_{\min}$ : Minimum angle of knee joint at maximum flexion.

Subjects		Normal posture			Forward leaning posture			Backward leaning posture		
		$\Delta\theta_1$	$\theta_{\min}$	$\Delta\theta_2$	$\Delta\theta_1$	$\theta_{\min}$	$\Delta\theta_2$	$\Delta\theta_1$	$\theta_{\min}$	$\Delta\theta_2$
Highly skilled	A	56.5°	74.0°	51.5°	47.5°	73.0°	41.0°	46.0°	51.5°	65.5°
Intermediate	B	35.0	97.0	48.0	43.0	85.0	45.0	35.5	88.5	51.5
	C	38.0	82.0	29.0	35.0	90.0	35.0	38.0	78.0	27.0
Beginner	D	13.5	111.0	29.0	21.5	108.5	28.5	32.5	104.0	36.0
	E	12.0	110.0	13.0	17.5	96.0	24.0	22.5	92.5	23.5

次に各姿勢におけるコブ通過前後の膝関節の屈曲及び伸展の角度変化並びにコブ通過時になされる最大屈曲時の膝関節角度を表4に示した。

屈曲の角度変化についてみると、上級者は全ての姿勢とも50度前後であった。そして中級者では40度位であり、初級者ではさらに少なく10～30度であった。

最大屈曲角度は、上級者では普通及び前傾姿勢の場合約75度、後傾姿勢の場合約50度であった。この値は中級者、初級者の順で大きく（屈曲が浅く）なる傾向であった。

頂点通過後の伸展角度変化についても、上級者は大きく、初級者ほど小さい傾向であった。

足関節角度についてみると、上級者では後傾姿勢の場合約80度、普通姿勢の場合約75度、前傾姿勢の場合約70度であり、滑走中を通して屈曲、伸展の角度変化が少なく、ほぼ一定に保たれる傾向であった。一方中、初級者はコブにさしかかった付近で屈曲され、コブ通過に伴って伸展されていく傾向が見られた。またコブにさしかかった付近での屈曲角度は各被検者間に大きな差は見られないが、コブを通過した後に、中、初級者は大きく伸展されていく傾向が見られた（図7, 8, 9）。

#### 〈考 察〉

本研究では技術レベルの異なる被検者にコブ越えを、普通姿勢と、転倒せずに越えられる最大限

の前傾及び最大限の後傾姿勢でコブに進入させることにより行わせた。この場合の前傾から後傾までの身体重心位置の足首に対する角度範囲は、コブ越え可能な姿勢の範囲と考えることができよう。そして、各被検者、各姿勢において、コブ通過後は普通姿勢に近い状態となっていた（姿勢の回復がなされていた）ことから、この姿勢の範囲は、その時の滑走速度とコブの大きさ、形状に対する各被検者個々の姿勢の安定範囲と考えることができるであろう。言いかえれば、一つのコブ通過後に一時的な前傾や後傾の状態に陥り、それに続く第二のコブまでに姿勢の回復（リカバリー）がなされ得なかった場合であっても、それがこの姿勢の安定範囲内であれば、次のコブを転倒せずに越えていくことができるであろう。逆に、最初のコブ通過後の姿勢が、この安定範囲を逸脱していれば、第二のコブを通過する際、バランスを失い転倒する可能性が高まると言える。

本実験の結果から、上級者である被検者Aは、他の被検者に比べ、この安定範囲が広く、さらに滑走速度が初級者に比べ大きかったことから、より高い滑走速度に対して、安定範囲が広いと言えるであろう。このことは、上級者は、より高い滑走速度でも安定して連続するコブを滑走し続ける能力が高いことを示唆するものと思われる。これは整地での直滑降やプルークについて行った三浦ら<sup>4)6)</sup>の研究結果と一致するものであった。

上級者のコブ越えに対する姿勢の安定範囲が広

いことは、さまざまな理由が考えられる。例えば、上級者は滑走日数が長く、不整地滑走に慣れていること等が考えられる。しかし最も重要な理由の一つは、コブ越えの際にスキーや足に、急激な力の変化を受けないように滑走する、いわゆる衝撃吸収の動作に優れていることが挙げられよう。本実験の結果では、被検者 A は、他の被検者に比べ、前傾から後傾に至るより広い範囲で、コブ越えの際の重心の移動軌跡がより直線的であった。したがって、上級者は、前傾や後傾の姿勢においても、コブ越えの際の雪面から受ける抗力の変化をより小さくできることを示唆するものと思われる。

コブ越えの際の衝撃吸収の動作では、腰関節、膝関節、足関節の屈曲、伸展動作が重要であることが指摘されている<sup>1)8)10)</sup>。本実験の結果からも、コブ越えの際には、腰関節及び膝関節の角度変化が大きく、重要な働きをしていることが示された。さらに、上級者である被検者 A と、他の被検者との比較を行ったところ、腰関節の角度変化にはそれほど大きな差はなかったが、膝関節の角度変化についてみると、被検者 A は、コブ通過の際の屈曲角度が明瞭に大きいことが示された。したがって、コブ越えの際の衝撃吸収動作に関して、今回得られた結果の中で、技術レベルの違いによる最も大きな差は膝の動きであった。これは普通姿勢のみでコブ越えを行わせた袖山ら<sup>10)</sup>の報告と一致するものであった。中、初級者にみられるように、コブ通過に際し、膝関節の屈曲伸展が小さく、腰関節の屈曲伸展のみが大きい場合には、結果として上体の前傾や後傾が生じる。このことは、図 3, 4 に示したスティックピクチャーにも現れていた。このように、コブ通過時に腰関節の屈曲、伸展のみがなされる場合には、コブの登り斜面での腰関節屈曲の際に上体が前傾し、逆にコブの下り斜面での伸展の際には上体が後傾することになる。身体の内でも最も質量の大きい上体が、前傾や後傾の状態になれば、身体全体の重心の位置も前後に移動することになり、結果として、特にコブの下り斜面で後傾姿勢が生じやすくなると考えられる。

本実験の結果では、コブ通過の際の足関節の角度変化は、上級者ほど一定に保たれる傾向にあったが、これは Iizuka ら<sup>1)</sup>の報告と逆の結果であった。その理由は、Iizuka らの実験で用いられたコブと、本実験で用いられたコブの形状とが異なることや、滑走速度が異なること等も考え得るが、明確な理由は本研究では明らかにすることはできなかった。

本研究では、全被検者の内上級者が 1 名と少ないため、今回得られた結果を一般的に上級者が不整地滑走で安定している理由と考えることには危険であろう。しかし、少なくとも、次のことは指摘できよう。すなわち、コブ通過の際の姿勢の安定範囲が広いことは、不整地を安定して滑走するために、極めて有利であり、上級者はそのような滑り方をすることが可能である。

#### 〈ま と め〉

本研究では、技術レベルの異なるスキーヤーに異なる姿勢でコブ越えを行わせ、滑走中の身体の動きを映画撮影により記録し、分析した。その結果次のことが明らかになった。

1) 上級者は、より深い前傾からより深い後傾に至る広い姿勢の範囲で、安定してコブを越えることができ、したがって姿勢の安定範囲も大きかった。

2) 技術レベルの高い者ほど重心の軌跡が直線に近く、衝撃吸収のための動作に優れていた。

3) 衝撃吸収のための動作は主に腰及び膝の屈曲、伸展によりなされていた。

4) 衝撃吸収動作に関して、技術レベルにより最も顕著に異なったものは、膝関節の動きであり、技術レベルの高い者ほど、全ての姿勢において、膝関節の屈曲、伸展が大きかった。

#### 〈文 献〉

- 1) Iizuka, K., and M. Miyashita: Biomechanical analysis of skiing over a hump comparison of the skilled and unskilled skier. Science in Skiing, Skating and Hockey, Academic Publishers Del Mar.: 49-54, 1979.



- 2) 木下是雄, スキーの力学 中央公論社:144-161, 1973.
- 3) 木下是雄, 穂坂直道:スキーの物理と力学 日立製作所:127-146, 1973.
- 4) Miura, M., H. Sodeyama, Y. Ikegami, and H. Matsui.; Biomechanical studies on straight run and parallel turns. Proceedings of International Symposium on Science of Skiing.: 59-69, 1979.
- 5) 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ての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.
- 6) 三浦望慶, 池上康男, 袖山紘, 松井秀治:スキー直滑降及びブルークにおける姿勢変化と荷重 総合保健体育科学 3 (1):71-80, 1980.
- 7) Miyashita, M., and S. Sakurai.; Biomechanical analysis of skiing over a hump. Proceedings of International Symposium on Science of Skiing.: 69-103, 1979.
- 8) 水野忠和, 桜井伸二:スキーのバイオメカニクス 体育の科学 29 (11):780-786, 1979.
- 9) 清水史郎:スキースキルの習得に関する研究 (3) 一凸斜面直滑降の動作分析 福井大学教育学部紀要 IV 芸術 体育学 (体育学編) 第 11 号:1-9, 1977.
- 10) 袖山紘, 三浦望慶, 北村潔和, 池上康男, 島岡清:不整地直滑降における姿勢変化について 東海保健体育科学 1 (1):65-72, 1979.

(昭和 60 年 1 月 23 日受付)

