

スキーにおける動作分析

— プルークについて —

名古屋大学 三浦望慶

(共同研究者) 金城学院大学 袖山紘

中京女子大学 橋本勲

スキーにおける滑降やターンは、スキーヤーが姿勢を保持したり、変化させることによって生み出した力を、スキーを介して雪面に伝えることによってなされている。そのため、スキー滑降やターン中の姿勢と荷重を検討することは、スキー技術を解明するためにきわめて重要なことだとされている^{2,4,5,7)}。また、スキーでは『良い位置に乗る』ことが安定を保ったり、適切なスキー操作をするために重要であると指摘されている⁶⁾。この『良い位置』とは、スキーが前後に長いことや両スキーの間隔などの基底面の広さと、スキー靴による足関節の固定条件などにより、ある範囲を有すると考えられる¹⁾。

これらのことから、本研究ではプルークファーレンでの姿勢と荷重および安定範囲を明らかにしようとした。プルークファーレンは、両スキーのテールを開き、均等にエッジングしながら最大傾斜線に向かって滑る技術である。この技術は、プルークボーゲンの基礎であり、ターンを分析する前に検討する必要があると考えられるため、ここでとりあげた。なお、比較するために、直滑降についても同様な実験を行った。

研究経過

被験者は、熟練者として全日本スキー連盟(SAJ)指導員2名および、中程度熟練者としてSAJバッジテスト3級程度の技術を持つ者2名、計4名であった。実験に用いたスキーは長さ180cmの同一のものである。スキー靴は各個人のものとしたが、いずれもハイバック・プラスチック・ブーツであった。

実験場面は、斜度5.9度の均一な緩斜面を踏み固め、最大傾斜線に向かって全長30m、幅2mのコースを設定した。被験者はこのコースをプルークと直滑降で滑った。

両者の滑りでの姿勢は、基本姿勢、最も前傾した姿勢および後傾姿勢の3つとし、同じ姿勢をスタートからゴールまで保持して滑った。

被験者が実験コースの中間点(スタート位置から15mの地点)を通過するときの姿勢は、コースの中央から12.5m側方の位置にセットした16mm movie cameraで撮影した。この画面内には、鉛直と距離の基準となるポールも写し込んだ。撮影したフィルムは、フィルムモーションアナライザーによって、姿勢、下肢関節角度、滑降スピード

などを分析した。

荷重（スキーに垂直に作用する力）は、電気抵抗歪計（wire resistance strain gauge）を貼布したフォースプレート（320mm × 74mm）によって検出した。締具はフォースプレート上に取りつけ、スキー靴を固定した。

力の検出はフォースプレートの靴の前後で左右各2ヶ所、計4ヶ所で行った。

荷重点（力の作用点）は、フォースプレートの中心（靴底の中心にほぼ一致する）を x 、 y 座標の原点とし、作用する力（ F_i ）とゲージ貼布位置の座標（ r_i ）とにより、次式から求めた。

$$R = \frac{\sum r_i \cdot F_i}{\sum F_i}$$

また、 X 軸（左右軸）まわりおよび Y 軸（前後軸）まわりのトルク（ T_x 、 T_y ）を、次式により算出した。

$$T_x = R_x \cdot \Delta F$$

$$T_y = R_y \cdot \Delta F$$

結果と考察

1. 荷重点の位置について

図1には、プルークと直滑降における各姿勢での荷重点を示した。基本姿勢での滑降では、プルークの場合、荷重点は原点附近（靴の中心附近）にあった。一方、直滑降では、原点より30～70mmの範囲で前方にあった。

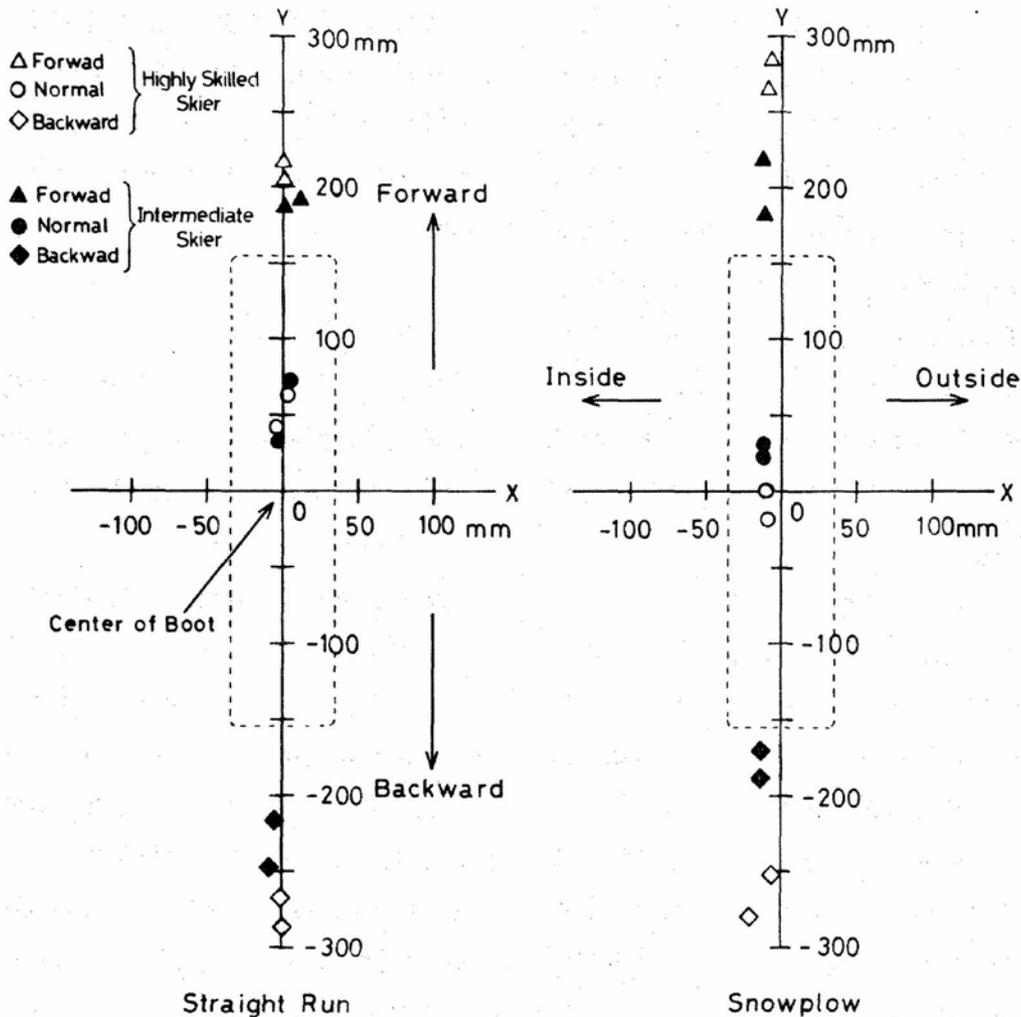


図1 プルーク及び直滑降における基本、前傾、後傾姿勢と荷重点（破線は靴底を示す）

プルークの滑降速度は中間点附近で1.41~1.87 m/sec, 直滑降では3.23~3.48m/secであった。プルークでは、エッジングにより、滑降速度がほぼ一定であるため、荷重点が原点附近、すなわち、技術書に示される土踏まず附近での荷重であり、直滑降では次第に加速するため、荷重点が母趾球附近にあるといえる。

前傾姿勢での荷重点は、いずれの被験者も靴底の先端より前方にあった。プルークでは原点より180~280mm, 直滑降では190~200mm前方にあり、熟練者のほうがより前方にあった。特にプルークでは直滑降より熟練者の荷重点が前方にあり、これは、プルークがテールを左右に開くため基底面が広がったことを熟練者は利用して、前方への安定範囲を大きくしているものとみられる。

後傾姿勢の荷重点は、靴底よりも後方にあり、プルークでは原点より175~280mm, 直滑降では220~285mmの範囲であった。また、熟練度については、前傾姿勢の場合と同様、熟練者のほうが荷重点はより後方であった。

前傾姿勢と後傾姿勢でみられる荷重点の範囲(原点より前方約180~280mm, 後方175~285mm)は、本実験での斜度、滑降速度などの実験条件下における前後への安定荷重範囲であると考えられる。直滑降およびプルークでは、速度変化は前後方向であるため、主として前後方向への安定が問題とされるが、安定範囲がこのような広いことは、技術指導や学習において、どのような姿勢であればどこに荷重されるかを習得する必要があることを示唆している。

本実験で得られた前後の安定範囲は、身長差や靴の深さ、足首固定の程度などの要因の個人差が含まれた結果であるが、緩斜面でしかも低速であるため、最も広い前後の安定範囲が得られたものとみられ、一つの目安になると考えられる。

木下⁶⁾(1955)は、荷重点が爪先より前方あるいは踵より後方に来るためには、スキー靴の上からアングルバンドのような革紐で足首を固定することによって実現すると述べているが、これは、当時の靴が革製で高さも低かったためであるとみられ、1970年頃から一般に普及したハイバック・プラスチック・ブーツにより、安定範囲が前後により大きくなったとみられ、その結果が滑降およびターン技術に影響を及ぼしたと考えられる。

図1から、プルークと直滑降におけるX方向(左右)の荷重点位置の結果は、直滑降ではほぼY軸上にあり、プルークでは内側(-X)10~12mmの範囲にあった。これは、プルークでスキーが内側へエッジングをしているためとみられ、今後のスキーターンにおけるエッジング状態を分析することが可能であろう。

2. 各姿勢におけるトルク値について

前傾および後傾姿勢では、X軸(左右軸)まわりのトルクを生じる。また、プルークではY軸(前後軸)まわりのトルクを生じる。

X軸まわりのトルクは、スキーのトップ部分やテール部分に加えられるトルクの大きさを示している。これは、斜度が急に変化する場合(上り、下り、コブなど)や、ターンにおいてスキーのテール部分もしくはトップ部分の回転を導くために重要であると考えられる。

一方、Y軸まわりのトルクは、スキーへのエッジングの程度を示すものとみられる。

そこで、これらのトルク値を荷重位置と荷重の大きさから算出した。

図2は、各姿勢におけるトルク値の結果である。前傾姿勢では前方に5.30~9.91kg・m, 後傾姿勢では後方に7.01~14.80kg・mのトルクが加えられていた。

前傾姿勢での前方へのトルクは、斜度が急に下り斜面になる地形や、コブを通過する際の加速度

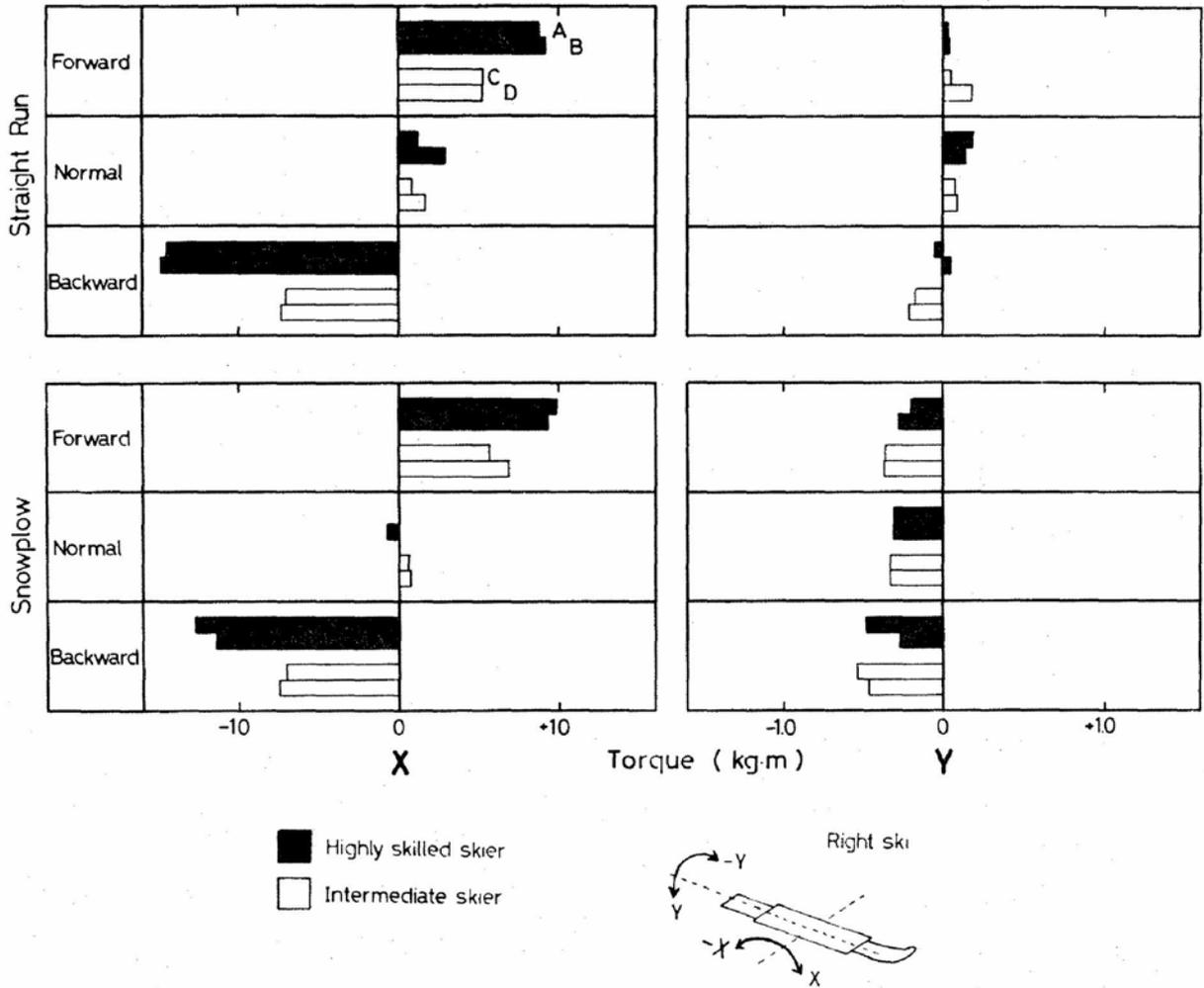


図2 直滑降とプルークにおける各姿勢でのX軸（左右軸）まわりとY軸（前後軸）まわりのトルク値

変化に対応するために必要であり⁸⁾、ターンにおいてスキーの回転を導く際にはテール部分を軽くするため、テールの横への押し出しを容易にすると思われる。

また、後方へトルクを与えた場合は、テール部分が荷重されており、スキーの前半分の回転をひき起すことが容易であるとみられる。このことは、ピボットターン（上下動が少ないターン）でスキーのテール部分や深雪の中でのスキーのトップ部分を回転させるためのきっかけになると考えられる。

この点についてスキー技術書³⁾では、スキーのエッジを切り換える一方法として、「荷重をしたままスキーが雪面にフラットになるように踏みつ

ける方法」があると記されているが、その際にスキーの回転（エッジの切換）を導くためには、前方または後方へトルクを与える必要があることが明確にされたといえる。

3. 姿勢について

図3は、プルークにおける側面からの滑降姿勢を示した。

図4は、各姿勢での下肢関節（股、膝、足関節）角度を示した。

側面からのフォームは直滑降、プルークともほとんど同じであった。

基本姿勢については、熟練者と中程度熟練者にはほとんど差がみられなかった。

前傾姿勢では、熟練者は股関節、膝関節および

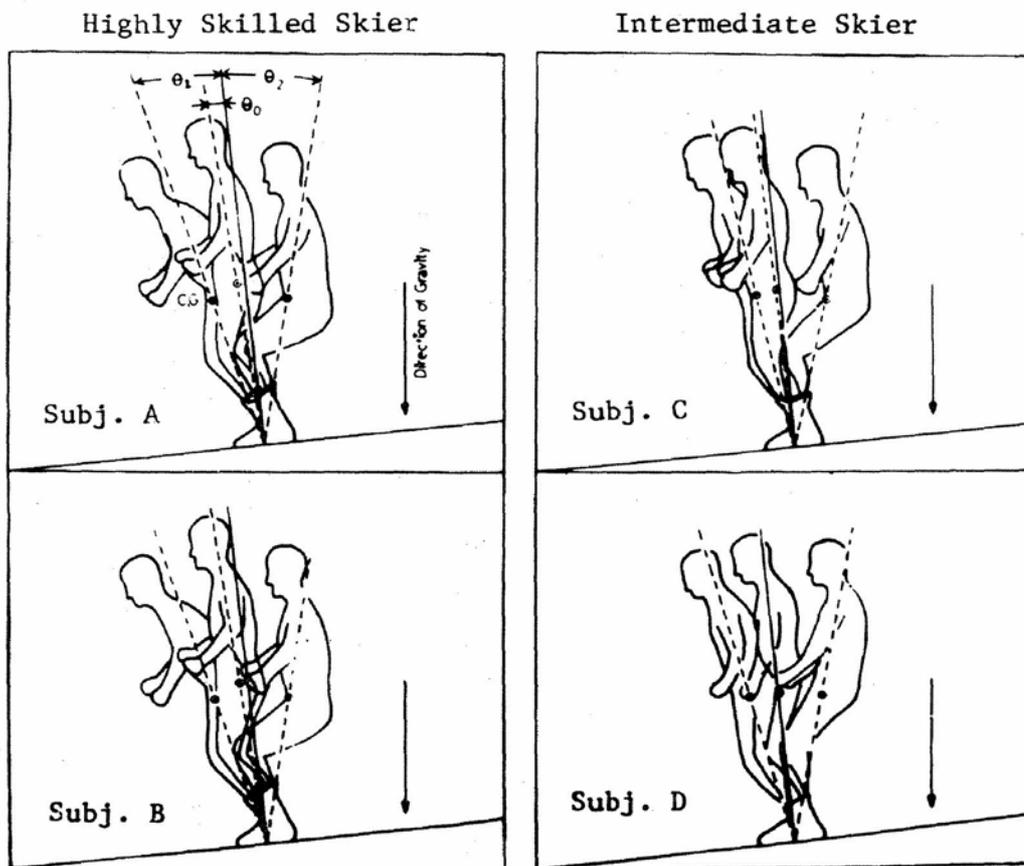


図3 各姿勢及び熟練者と中程度熟練者の比較

足関節といった下肢関節の十分な屈曲がみられ、両手が前に出された姿勢であった。これに対して中程度熟練者では、下肢関節屈曲の程度が少なく、前倒姿勢であった。また、後傾姿勢でも、熟練者は股関節、膝関節の屈曲が深くなされており、中程度熟練者では後倒姿勢であった。

このような前傾および後傾姿勢での熟練度にもとづく違いが、荷重点の違いを生み出しているとみられ、それによって、前後の安定範囲も熟練者が大きい結果となったと考えられる。

このことは、前後の安定に関して、スキー指導、学習上で特に取り上げる必要性と、熟練してゆく目標としての姿勢を明らかにし得たものといえよう。

[注 スキーターンとスキーの回転という言葉は木下⁶⁾にならい、スキーの曲線運動(重心の運動)とスキー(スキーヤーとスキーを合わせた全系)の回転運動(重心のまわりの回転)にわけてとらえ、表現した。]

文 献

1. Bunn, W. John ; Scientific Principle of Coaching. Prentice Hall Inc. 13—21 (1964)
2. Fukuoka, T ; Changes in the Knee Angle and in the Load of the Ski during Swing Motions in Alpine Skiing, *Biomechanics II* : 246—248 (1971)
3. 平川仁彦, 村里敏彰 ; オーストリアスキーの秘密, スキージャーナル (1979)
4. 穂坂直弘, 西脇仁一, 萩 三二 ; 回転中のスキーの荷重の連続測定 II, *スキーの科学 III*, 21—26 (1956)
5. 穂坂直弘 ; スキーにかかる力の測定実験の意義, *体育の科学*, 7 (1), 19—21 (1957)
6. 木下是雄 ; スキーの力学, *日本のスキー科学*, 45—56, 日立製作所 (1971)
7. 西脇仁一, 萩 三二, 平田 賢 ; 回転時の荷重測定 I, *スキーの科学 III*, 27—30 (1956)
8. 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 : 65—72 (1979)

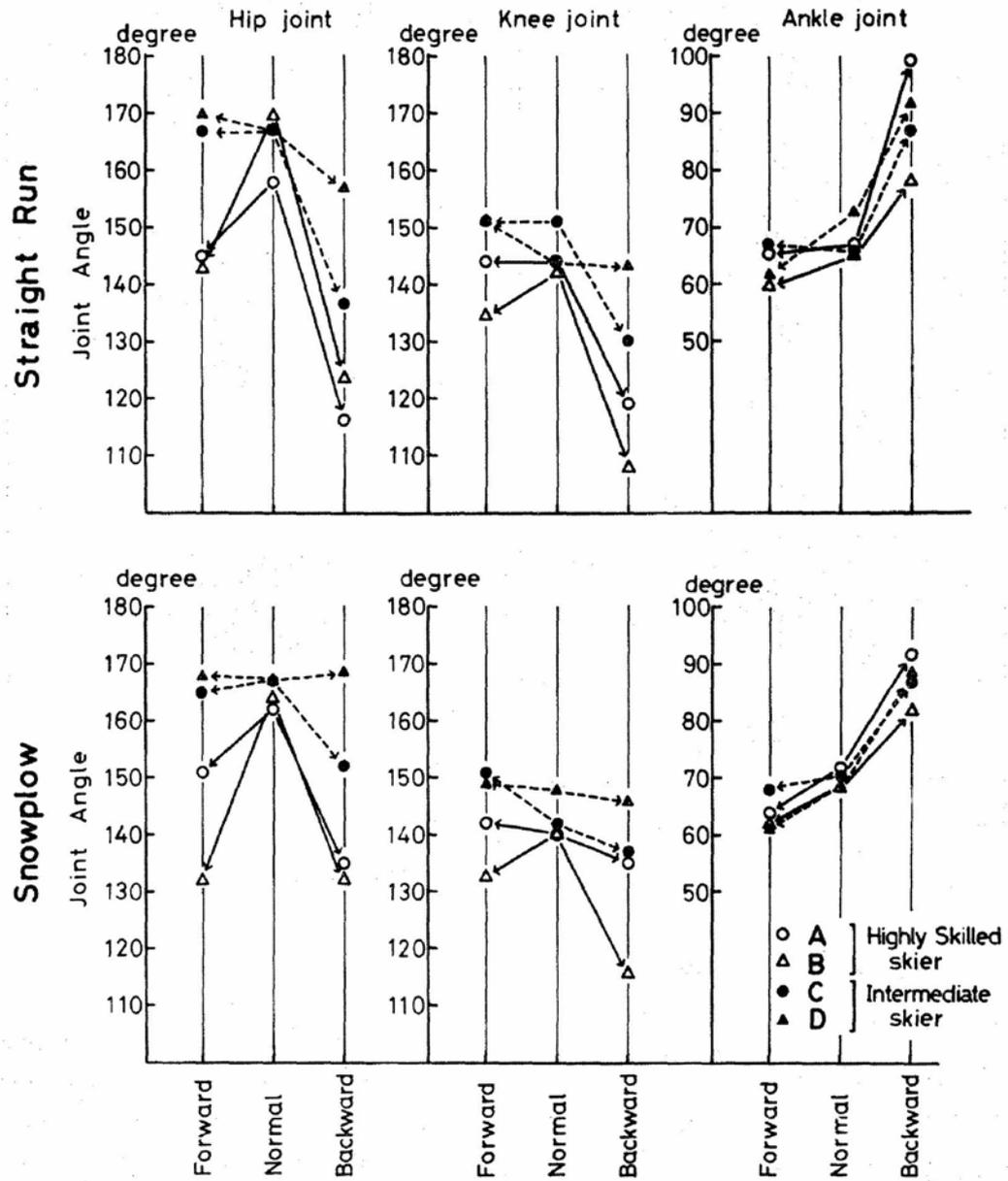


図4 直滑降・プルークでの各姿勢における股関節，膝関節及び足関節屈曲角度