

スキーターンにおけるストック・ワークに関する研究 —異なる技術レベルおよび滑走テクニックの違いについて—

Kinematic analysis of ski pole technique during ski turn
— comparison in skiers with different skill levels and in different techniques —

池上久子* 袖山紘** 安藤好郎***
池上康男**** 桜井伸二**** 矢部京之助****

Hisako IKEGAMI * , Hiroshi SODEYAMA ** , Yoshiro ANDO ***
Yasuo IKEGAMI **** , Shinji SAKURAI **** , Kyunosuke Yabe ****

Manipulation of ski poles during skiing short turns (wedeln) were kinematically investigated by utilizing three dimensional cinematographic analysis. Five highly skilled skier including an instructor of the Ski Association of Japan and 3 intermediate skiers performed downhill skiing with parallel wedeln on the slope of 15 degrees. Two of the highly skilled skiers performed turns with three kinds of turn technique ; normal, jumping and bending technique, while remaining highly skilled and all the intermediate skiers performed turns with normal technique. The movements of the skiers body and ski pole were filmed from the two different directions by electrically synchronized high speed camera. By digitizing the images from these two cameras, three dimensional movements of skis and ski poles as well as skier's body were analyzed.

The locations of the pole tip and hand at the pole-planting were depending on the skill level of the skier and the inclination of the pole both at the pole-planting and in the recovery phase were larger in the intermediate group. The timing of pole-planting were different neither in the three kinds of turn technique nor on the skill level of the skiers. Independent from skier's skill levels, pole-planting after the maximum edging was commonly observed. This result indicated that pole-planting does not always initiate the turn in short rhythm turn.

目 的

スキー技術上達のためにはスキーテクニックに応じた適切なスキー操作と身体の動きを習得することが必要である。これらのスキー操作や姿勢変化を円滑に行うための補助動作として、ストック・ワークは重要な技術要素である。し

かしストック・ワークに関する運動学的報告^{3,4,9)}はわずかにみられるだけで、指導書¹⁰⁾にもストックを突くための練習方法は記載されているが、突き方に関する明解な記述はされていない。ストック・ワークが最も影響する滑走方法は小回りターン(ウェーデルン)と考えられるが、我々は、ウェーデルンに関するスキーや

* 名古屋聖霊短期大学
** 金城学院大学
*** 中京大学
**** 名古屋大学
* Nagoya Seirei Junior College
** Kinjo Gakuin University
*** Chukyo University
**** Nagoya University



Fig. 1 Reference marks attached on skis

身体の動きについてはいくつかの報告^{2,7,8)}をしてきた。本研究では、複雑な動きを三次元的に分析する手法^{1,5,6)}を用いウェーデルン中のストックの動きを定量的に測定し、エッジング角や迎え角といったスキー操作や身体の動きとの関連について分析し、技術レベルの差異や異なった滑走テクニックによるストック・ワークについても検討しようと試みた。

方 法

被験者は全日本スキー技術選手権長野県代表選手を含む上級者5名およびウェーデルンが可能な中級者3名の計8名とした。上級者(A、B、C)および中級者(D、E、F)の技術レベルの異なる6名に、普通の滑走方法による小回りターン(ウェーデルン)を行わせた。また、上級者

(G、H)の2名にはノーマル、ジャンピング、ベンディングによる異なる滑走方法でウェーデルンを行わせた。被験者Gは競技スキーヤーであった。全ての被験者は190cmの同一の実験用スキーを使用した。左右の実験用スキーの前後に、図1に示したように上下2個のリファレンスマークの付いたポールを立てた。図2に示したように、よく踏み固められた平均斜度約15度の雪面に、連続した小回りターン(ウェーデルン)を7回転行わせるコースを設定し、5回転目と6回転目の左右のターンが十分カバーできるように、斜面の側方、上下に同期した2台の16mm計測用カメラを光軸角度約80度で設置した。フィルムスピードは100コマ/秒で撮影し、10Hzのパルスフィルム端に写し込むことで撮影速度を確認した。身体各部、両スキーに立てた4本のポールに取り付けた上下

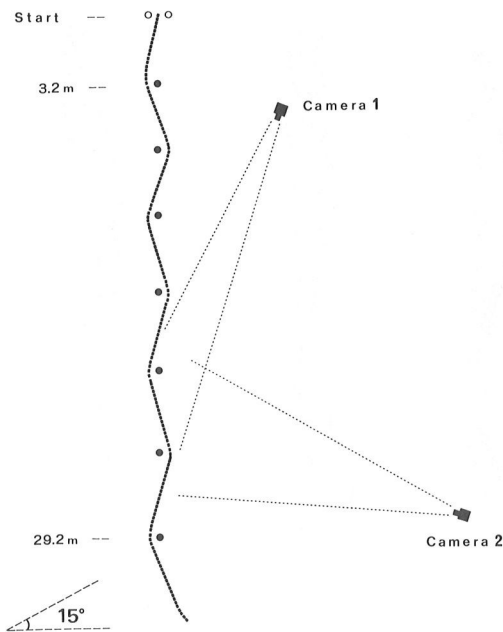


Fig. 2 Experimental conditions

2個のリファレンスマークおよびストックの計測点からDLT法を用いて三次元座標を求めた。なお、三次元のキャリブレーションのために視野の中心から上下、左右5mの位置に上下2コのコントロールポイントをもつ2本の垂直ポールを設置し10コのコントロールポイントを動作の記録前後にフィルムに写し込んだ。コントロールポイントの斜度による高低差は不凍液を入れたホースを2本の垂直ポールに取り付け、不凍液の液面の高さの差を計測して求めた。

得られた三次元座標値からスキーおよびストックの軌跡、滑走中の前後、左右の身体重心位置を算出した。雪面とスキーソール面とのなす角であるエッジング角(θ)は斜面に垂直な定ベクトル \vec{N} とソール面に垂直なベクトル \vec{R} から次式により求めた。

$$\theta = \arccos \left(\frac{\vec{N} \cdot \vec{R}}{|\vec{N}| \cdot |\vec{R}|} \right)$$

$$\vec{N} = (\sin(15^\circ), 0, \cos(15^\circ))$$

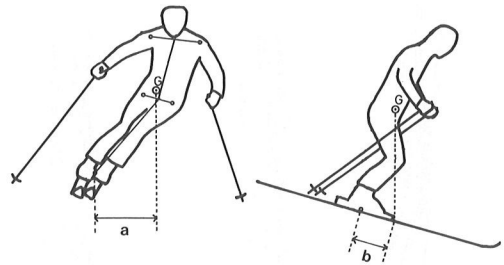


Fig. 3 Analyzed movement of the center of gravity of the skier's body (C.G.).

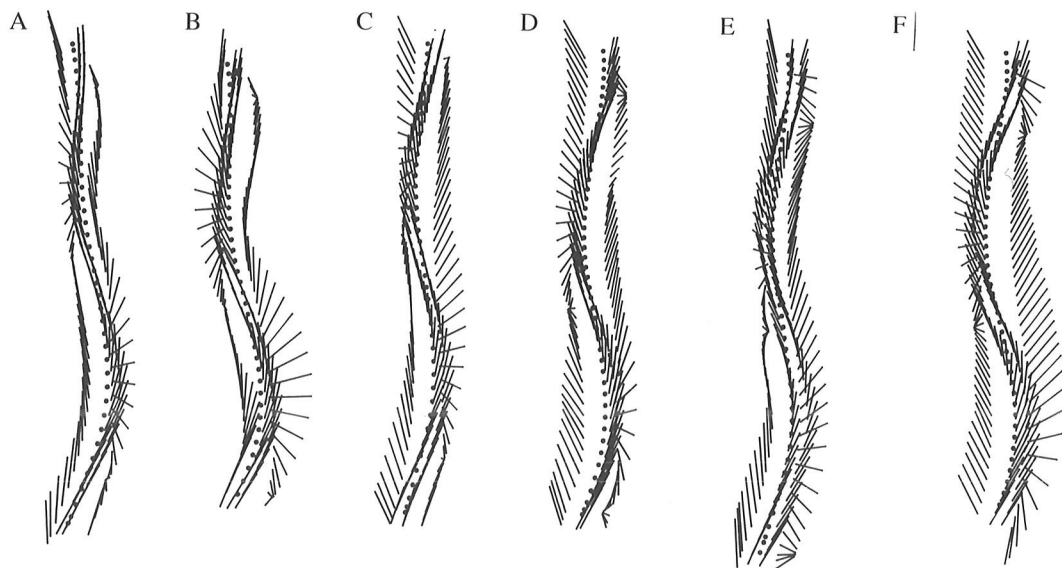
また、迎え角(ϕ)は、スキーの向きを表すベクトル(テールからトップに向かうベクトル) \vec{T} とスキーの中心の速度ベクトル \vec{V} とのなす角度として次式で求めた。

$$\phi = \arccos \left(\frac{\vec{V} \cdot \vec{T}}{|\vec{V}| \cdot |\vec{T}|} \right)$$

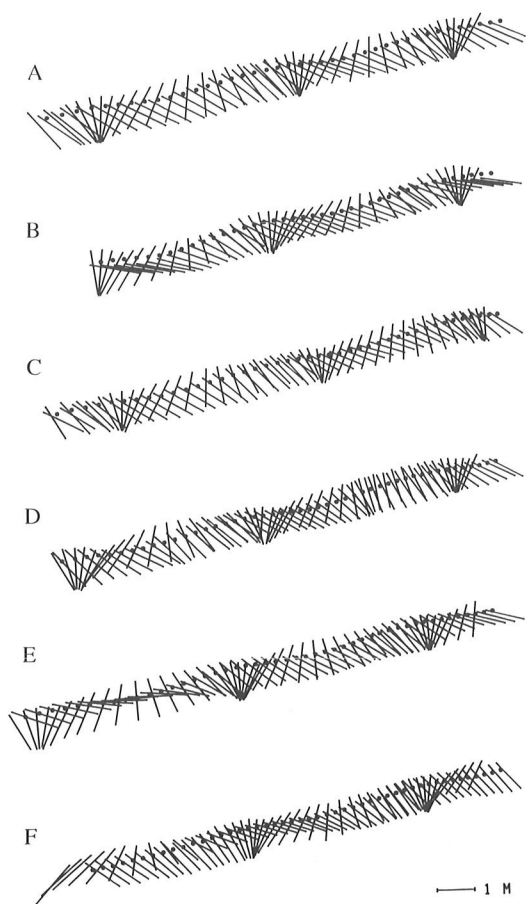
また、図3に示すように身体重心位置については両足の中心と重心のスキーと垂直に測った水平距離(a)および両足の中心と重心のスキーに平行な方向への距離(b)として求めた。

結果と考察

図4に、ウェーデルン中の上方からみたストックおよびスキーのスティックピクチャーと身体重心位置を上級者(A、B、C)、中級者(D、E、F)について示した。スキーの動きをみると、長野県代表であるAでは両スキーの間隔が狭く、両スキーが常に平行に保たれてシュプールが狭いターンがなされている。一方、中級者であるFでは両スキーの間隔が広く、シュプールの広いターンになっている。次に、ストックの動きをみると、全てのスキーヤーともに手よりもストックの先が外側に位置していることが認められるが、中級者であるFはストックのスティックピクチャーが長く、他のスキーヤーに比べて大きくストックを外側へ開いて保持している。上級者であるAもストックを外側へ開いて保持しているが、他のスキーヤーと比較して開きが少なくなっている。また、ストック



↑ Fig. 4 Stick pictures of the skis and the poles and the trajectory of C.G. in different skill level skiers (top view).



← Fig. 5 Stick pictures of the poles and the trajectory of C.G. in different skill level skiers (side view).

を突いた時点では、Aは、スティックピクチャーが短く、ストックを左右に倒さずに立てて突いているが、Fではストックのグリップを内側に倒し斜め外方向についていることが認められる。

図5は図4と同一の滑りについてストックの動きと身体重心位置を側方からみたものである。Aはストックのスティックピクチャーの長さが滑り全体で変わらないが、EやFでは、短くなる場所がみられる。ストックを突いた後にストックの先がはね上げられている様子がE、Fで認められるが、Aはストックを突いた後にストックをもとのポジションにもどす様子が認められる。全てのスキーヤーともに、ストックを突くときには、ストックの先が手より前方にあることが認められる。

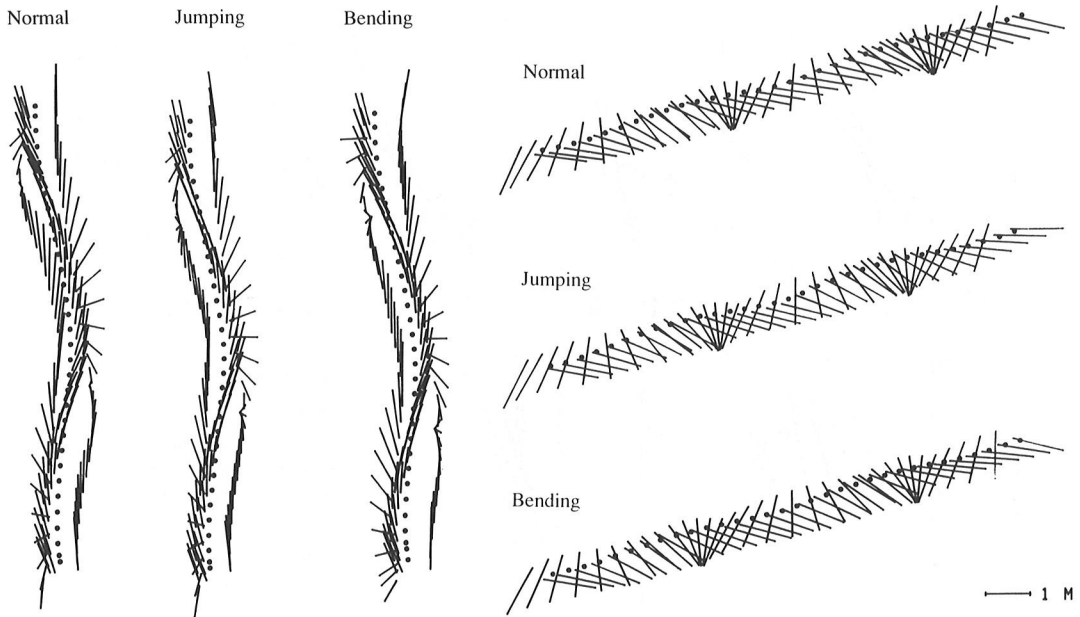


Fig. 6 Stick pictures of the skis and the poles and the trajectory of C.G. in different ski techniques (top and side view).

図6には上級者Gのノーマル、ジャンピング、ベンディングによるウェーデルン中のストックおよびスキーと身体重心位置を上方(図左)および側方(図右)からみたスティックピクチャーとして示した。ノーマル、ジャンピング、ベンディングともに両スキーの間隔が狭く、両スキーが常に平行に保たれてシュプールの狭いターンがなされ、スキーやストックの動きは、滑走方法によらず似通ったものとなっていた。

図7にはストックを突いた時点の靴の中心から手の位置までの水平距離と靴の中心からストック先端位置までの水平距離について示した(左側については左右を反転させて右側と重ねて表示してある)。(1)に示した技術レベルの異なるスキーヤーの手の位置は、A、C、Dでは3回のストックを突いたときともに同じ様な位置に手がることが認められるが、B、E、Fでは手の位置に左右差やばらつきが認められる。また、ストック先端位置は、AやCでは3回とも近い位置にストックを突いたことが認められるが、B、D、E、Fではストック先端位

置にばらつきが認められる。上級者であるAでは靴の中心から前方へ27~30cm、側方へ12~31cmの位置に手があり、ストックの先端は前方へ62~75cm、側方へ38~47cmの位置にあった。ばらつきの大きいEでは靴の中心から前方へ24~39cm、側方へ12~31cmの位置に手があり、ストックの先端は前方へ59~92cm、側方へ45~71cmの位置にあった。

図7-(2)には上級者の異なる滑走方法の際の手およびストック先端位置を示したが、Hではノーマル、ジャンピング、ベンディングともに手の位置、ストック位置で大きな差はみられなかった。Gではジャンピングとベンディングでは同じ様な位置関係が認められたが、ノーマルは、2つの試技とは異なっていた。このことは、明らかではないがGが競技スキーヤーであることと関連があるかも知れない。

図8には鉛直線に対するストックの傾き角について示した。技術レベルの異なるスキーヤーのストックの傾き角は、Aでは12.7~

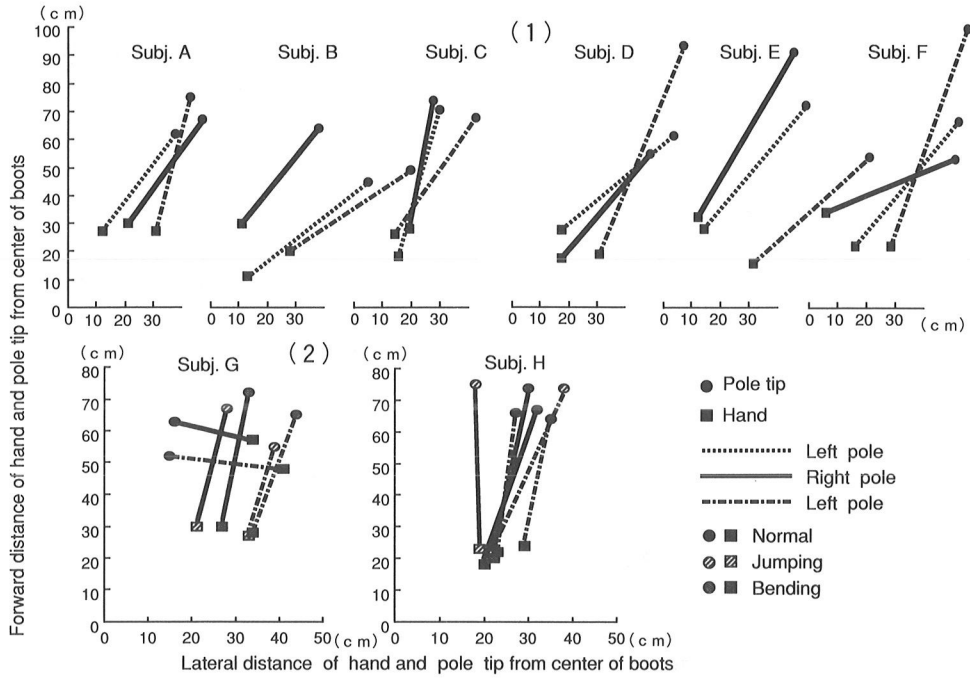


Fig. 7 Location of hands and tips of the pole at planting in different skill level skiers (upper) and in different ski techniques (lower).

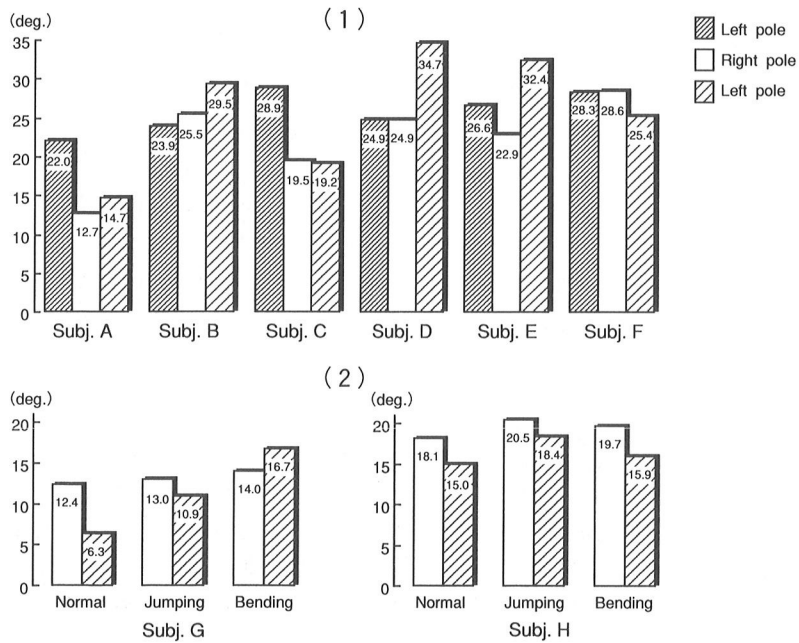


Fig. 8 Inclination of the pole at planting in different skill level skiers (upper) and in different ski techniques (lower).

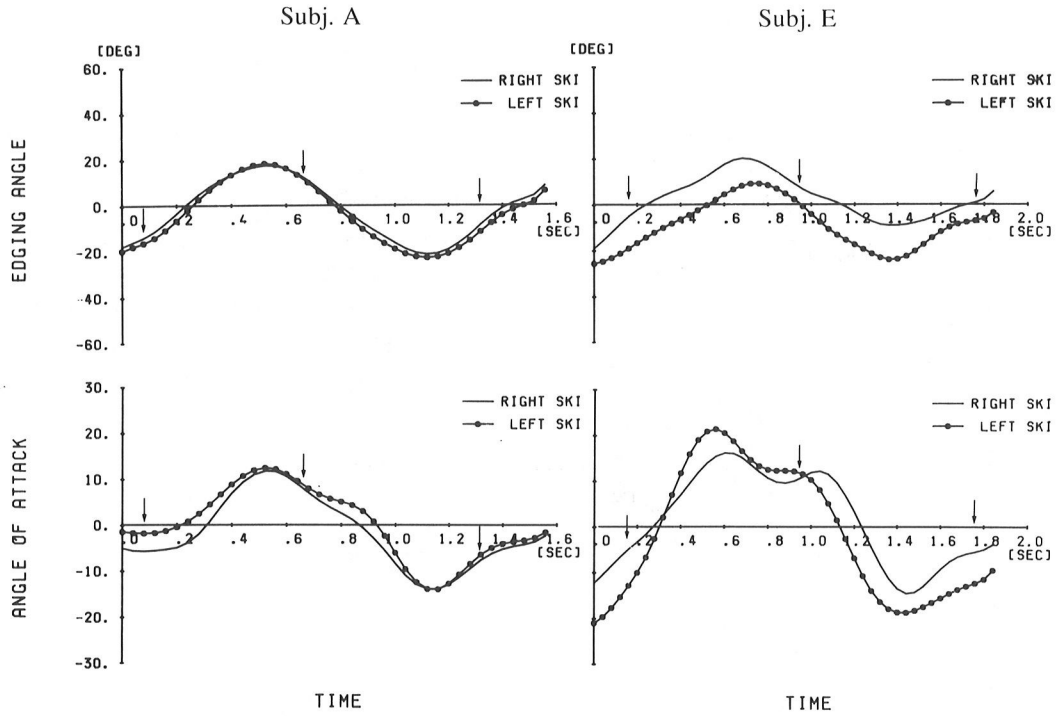


Fig. 9 Edging angle and angle of attack in different skill level skiers. Pole-plantings were indicated by small arrow.

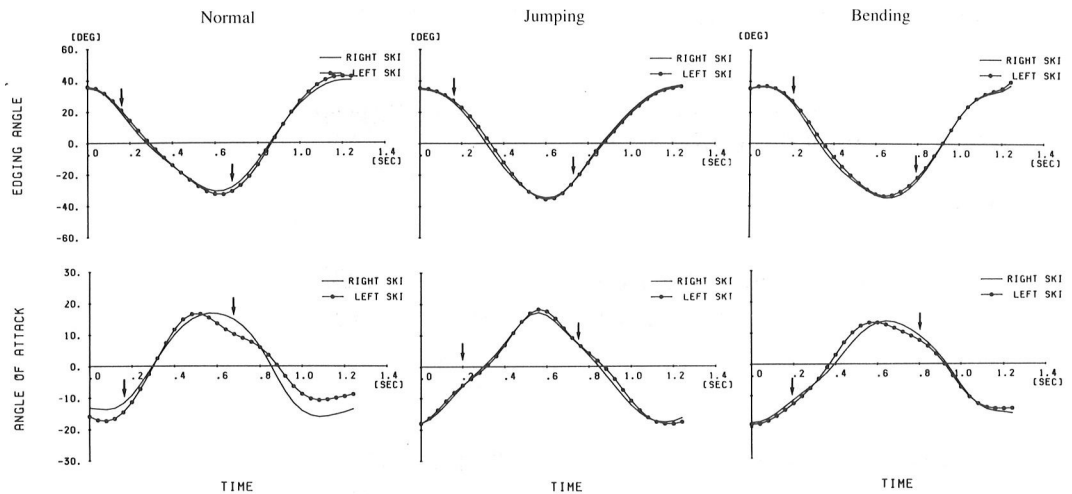


Fig. 10 Edging angle and angle of attack in three different ski techniques. Pole-plantings were indicated by small arrow.

22.0度の範囲であったが、Eでは22.9～32.4度の範囲にあり、技術レベルの高いスキーヤーの方が少ない傾向が認められた。図8-(2)に示した滑走方法の違いからは、Gの方がHに

比べてストックの傾き角が少ないが、滑走方法による違いは見いだせなかった。

図9には上級者および中級者の代表例としてA、Eの滑走中のスキーのエッジング角、迎え

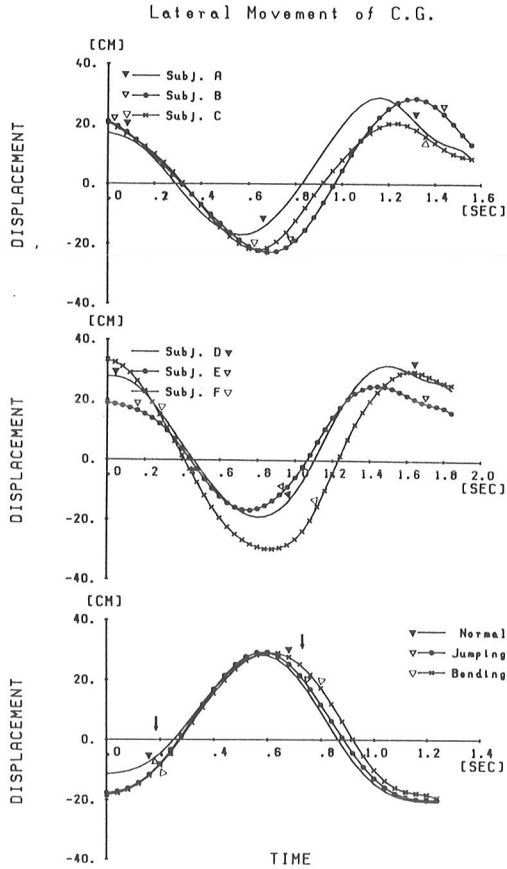


Fig. 11 Lateral movement of C.G. in different skill level skiers and in different ski techniques. ▼ indicate pole-planting.

角について示し、ストックを突いた時点を↓で示した。ストックを突くタイミングではいずれのスキーヤーともにエッジング角、迎え角ともに最大角すなわち最も強いエッジング（ターンのマキシマム）を過ぎた後に突かれていた。

図10には上級者であるGのノーマル、ジャンピング、ペンディングによる滑走中のスキーのエッジング角、迎え角について示した。図9と同様にストックを突いた時点を↓で示した。ストックを突くタイミングについてみると、いずれの滑走方法でもエッジング角や迎え角が最大となった後にストックが突かれていた。ストックを突くタイミングは滑走方法が異なって

もほとんど同じであった。

図11には技術レベルの異なるスキーヤー6名と1名のノーマル、ジャンピング、ペンディングによるウェーデルン中の身体重心位置の側方への移動距離について示し、△印でストックを突いた時点を示した。技術レベルの違い、滑走方法の違いによらず、身体重心の移動が最大となった後にストックが突かれていた。

エッジングや迎え角の最大と重心の移動が最大となる時点はほぼ一致することを考慮に入れると、ウェーデルンの様な小回りターンにおけるストックのタイミングは一般にターンのマキシマムを過ぎた後であるといえるだろう。このことは、ストックを突くことがターンのきっかけ（ターンの始動）となるとする多くの指導書の見解とは異なるものであった。

ま と め

技術レベルの異なる6名のスキーヤーの普通のウェーデルンおよび上級者2名の異なる滑走方法によるウェーデルンを運動学的観点から分析し、ストックを突く位置およびタイミングについて、スキーや身体の動きとの関連から検討し、以下のことが明らかとなった。

1. 滑走中ストックを外側へ開いて保持しているが、技術レベルの高いスキーヤーほど開きが少なくなっていた。また、ストックを突いた時点で、技術レベルの高いスキーヤーほどストックを左右に倒さずに立てて突いていた。
2. ストックの傾きは鉛直方向に対し6.3度から34.7度の範囲であったが、上級者ほど値は小さく、ストックを鉛直に近く突く傾向を示した。また、ストックを突く位置については、手の位置に対し斜め前方にストックを突いており、一定の傾向はみられなかったものの、中級者ではストック位置が両足前方へ1m近くになる場合が認められた。
3. ストックを突くタイミングをエッジング角、迎え角、重心の左右への移動から検討した結果、技術レベルや滑走テクニックに関係なく、ターンのマキシマム（エッジングや迎え角、重心の

移動が最大となる時点)よりも後でストックが突かれていた。すなわち、ターンのマキシマムを越え、次のターンへの始動がすでに始まった後にストックが突かれていた。このことは、ストックを突くことによって雪から受ける衝撃力が必ずしもターンのきっかけにはなっていないことを示すものと思われる。

4. 技術レベルの違いによりストック・ワークに差のあることが認められたものの、ストックを突くタイミングへの影響は少ないことが考えられる。また、上級者のウェーデルンにおいては、ストックを突くタイミング、位置とも個人差はあるものの、滑走テクニクには大きく影響されないことが示唆された。

文 献

- 1) Abdel-Aziz, Y. I. and H. M. Karara: Direct linear transformation from comparator coordinates into object space in close-range photogrammetry. In Proceedings of the ASP/UI Symposium on Close-Range Photogrammetry, Fall Church, 1971, pp.1-18.
- 2) 池上久子、池上康男、袖山紘: スキーターンの3次元的分析 —ウェーデルンの分析— Jpn. J. Sports Sci., 10: 213-220, 1991.
- 3) 池上久子、池上康男、李子耕一、安藤好郎、袖山紘: スキーターンにおけるストックワークに関する研究. 日本体育学会第44回大会号A, 386, 1993.
- 4) 池上久子、池上康男、桜井伸二、安藤好郎、袖山紘: スキーターンにおけるストックワークに関する研究—異なる滑走テクニクについて—. 日本体育学会第45回大会号, 352, 1994.
- 5) 池上康男: 写真撮影による運動の3次元解析法 Jpn. J. Sports Sci., 2: 163-170, 1983.
- 6) 池上康男、桜井伸二、池上久子、安藤好郎、袖山紘: スキーターンの3次元的分析の試み. 第8回日本バイオメカニクス学会大会論集. 1986, pp.41-54.
- 7) 池上康男、桜井伸二、李子耕一、矢部京之助、岡本敦、袖山紘、池上久子、安藤好郎: スキーターン中の滑走姿勢の分析. 日本バイオメカニクス学会第11回大会論集. 1992, pp.516-522.
- 8) 池上康男、桜井伸二、岡本敦、矢部京之助、池上久子: 映像解析—3次元計測の実際— Jpn. J. Sports Sci., 13: 459-465, 1994.
- 9) 宇野光洋、三浦望慶: ウェーデルンのストックワークと回旋動作について. 日本バイオメカニクス学会第11回大会論集. 1992, pp.321-325.
- 10) 全日本スキー連盟: 日本スキー指導教本. 1993.

(1994年12月7日受付)

