

スキースラロームのバイオメカニクス  
—ポールの有無による滑走タイミングの変化について—

Biomechanics of ski slalom  
— comparison of slaloms with pole setting and without pole setting —

池上久子\*      袖山 紘\*\*      安藤好郎\*\*\*  
岡本 敦\*\*\*\*      池上康男\*\*\*\*\*  
桜井伸二\*\*\*\*\*      矢部京之助\*\*\*\*\*

Hisako IKEGAMI\*,      Hiroshi SODEYAMA\*\*,      Yoshiro ANDO\*\*\*  
Atsushi OKAMOTO\*\*\*\*,      Yasuo IKEGAMI\*\*\*\*\*  
Shinji SAKURAI\*\*\*\*\*,      Kyounosuke Yabe\*\*\*\*\*

In the practice of slalom in Alpine ski training, there are two ways; in one way skier is skiing in the course with pole setting and in another way skiing the same course without pole setting (imaginal slalom). In the imaginal slalom skier skis in the course set by piste mark imaging the pole setting. The purpose of this study is to investigate the difference between imaginal slalom and actual slalom from the biomechanical view points.

Two skiers who experienced Alpine ski racing tried to ski down the experimental slope with actual and imaginal slalom. Movements of the skiers body as well as skis and ski sticks were recorded with cine camera and the obtained image was analyzed kinematically.

Stick was planted at the mid point of the poles in the actual slalom while in the imaginal slalom it planted just after passing the piste mark. In both way, however, the stick was planted in the same timing which was just after the maximum phase of the turn. This result indicated that the timing of the turn was different in these two ways of skiing, that is, in the imaginal slalom the switching of the directions of edging and angle of attack was earlier in comparison to those in the actual slalom. The timing of body movements such as displacement of the center of the gravity of the skier's body or flexion/extension of the knee and hip joint also became earlier.

From the results of this study, it can be summarized that the practice in the imaginal slalom may have advantage in correcting the body positions as well as improvement of the movement of the body during slalom skiing.

目 的

アルペンスキー競技は技術系種目とスピード系種目とに分けられるが、技術系種目ではス

ピード系種目に比べてポール間が短く、最短の距離を滑走しようとするために内スキーがポールの根元ぎりぎりを通過するようなコースを滑る。このような滑り方をするためには、スキー

- 
- \* 名古屋聖霊短期大学
  - \*\* 金城学院大学
  - \*\*\* 中京大学
  - \*\*\*\* 名古屋女子商科短期大学
  - \*\*\*\*\* 名古屋大学
  - \* Nagoya Seirei Junior College
  - \*\* Kinjo Gakuin University
  - \*\*\* Chukyo University
  - \*\*\*\* Nagoya Women's Junior College of Commerce
  - \*\*\*\*\* Nagoya University

ヤーは身体の正面にきたポールを、ターンの向きと逆の手（右ターンの場合は左手）で倒していく逆手技法が一般的に行われている<sup>10,11)</sup>。アルペンスキー競技の選手は、ポールをセットしポールをくぐる練習を繰り返し、ポールを通過する際のスキーの操作やストック等のタイミングを身につけていく。選手達はスキー場のきめられたポールセット専用バーンでポールをセットして練習を行っている。しかし、スキー場によっては競技スキー練習用バーンを指定していないところもある。そのような場合には一般スキーヤーと一緒にのバーンを滑走するためポールセットができないような場合がある。選手はポールがセットされていることを仮想して練習することがある。

本研究では、上級者に雪上で実験的にセットしたポールを通過する際と雪上のポール位置にピステマークをおき、ポールがセットしてあると仮想して滑走する際のスキーと身体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に関する分析をもとに、二種類の滑走の際のスキーおよび身体の動きについて、おもにタイミングの面から検討しようとして試みた。

## 方 法

被験者は全日本スキー連盟のスキー学校の指導員で、過去に競技スキーの経験を有する者2名（A、B）であった。被験者は190cmの同一のスキーを使用し、よく踏み固められた平均斜度15.7度の制限された滑走コースで、6回転のターンを行った。6本の可倒式ポールをセットし、逆手技法による滑走（スラローム）と、ポール位置にピステマークをおき、ポールがセットされていると仮想する滑走（仮想スラローム）をそれぞれ数回ずつ行った。6回転の滑走中の3回転目と4回転目のターンがカバーできるように、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、フィルムスピード100コマ/秒で撮影した（図1）。身体各部、両スキーに立てた2本のポールに取り

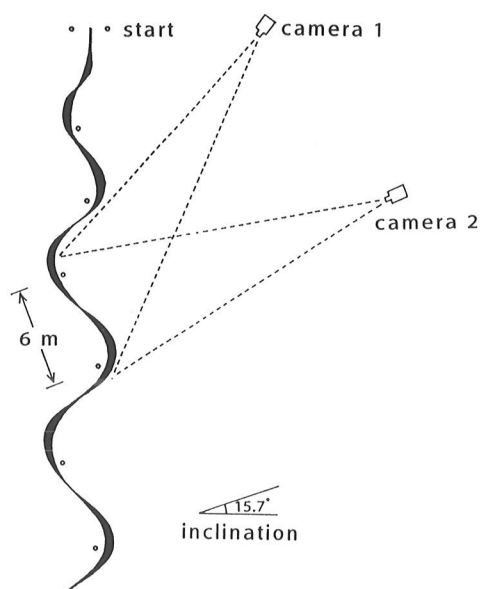


Fig. 1 Experimental conditions

付けたりファレンスマークの計測点と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計測点をデジタイズし、DLT法を用いて三次元座標を求めた<sup>1,2,6,7,9)</sup>。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の動き、身体重心位置、滑走中の身体の動き等を算出した。雪面とスキーソール面とのなす角であるエッジング角は斜面に垂直な定ベクトルとソール面に垂直なベクトルのなす角として求めた。また、迎え角は、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）とスキーの中心の速度ベクトルのなす角度として求めた<sup>7)</sup>。

身体重心の左右および前後位置は、図2に示すように重心を斜面上に投影し、その投影点と

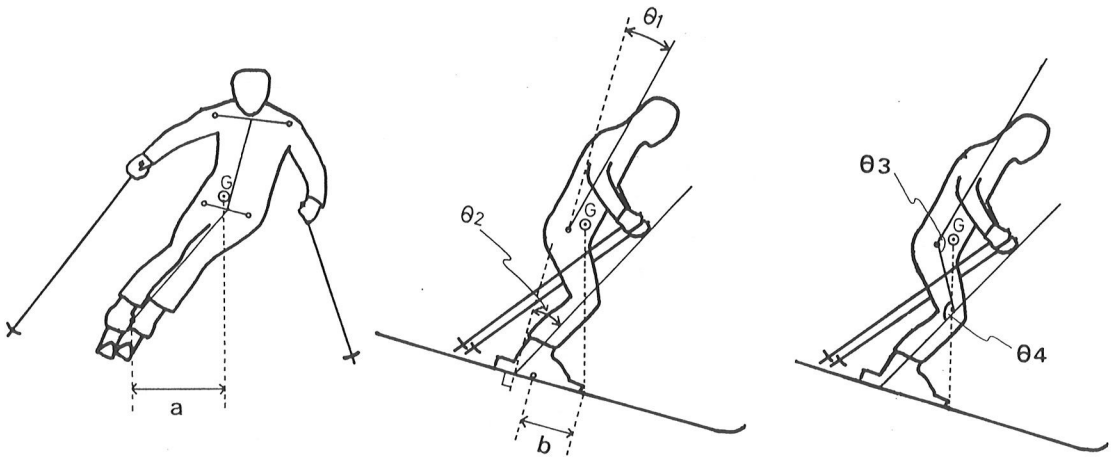


Fig. 2 Definitions of angles and displacements used in this study  
 a, b: lateral and forward/backward movement of C. G.  
 $\theta_1, \theta_2$ : inclination of upper body and lower leg.  
 $\theta_3, \theta_4$ : angle of hip and knee joint

両足の中心のスキーと垂直に測った水平距離 (a) およびスキーに平行な方向への距離 (b) として求めた。上体の前傾角はスキーに立てた垂線と大転子と肩峰点の midpoint を結んだ線とのなす角 ( $\theta_1$ ) とし、下腿の前傾角はスキーに立てた垂線と両くるぶしの midpoint と両膝の midpoint を結んだ線とのなす角 ( $\theta_2$ ) として求めた。腰および膝の屈曲角は、大転子と肩峰点の midpoint を結んだ線と大転子と膝の midpoint を結んだ線とのなす角 ( $\theta_3$ ) およびくるぶしと膝の midpoint を結んだ線と大転子と膝の midpoint を結んだ線とのなす角 ( $\theta_4$ ) として求めた<sup>8)</sup>。

### 結 果

図 3 に、被験者 A、B のスラロームおよび仮想スラロームの滑走中の上方からみたスキーのスティックピクチャーと身体重心位置およびポールまたはピステマーク位置を示した。ここで示すスキーは、スキーの前後に立てたポールの間 (約 70cm) を結んだ線分で示してある。スラロームおよび仮想スラロームのスキーの動きをみると、A、B ともに仮想スラロームの方

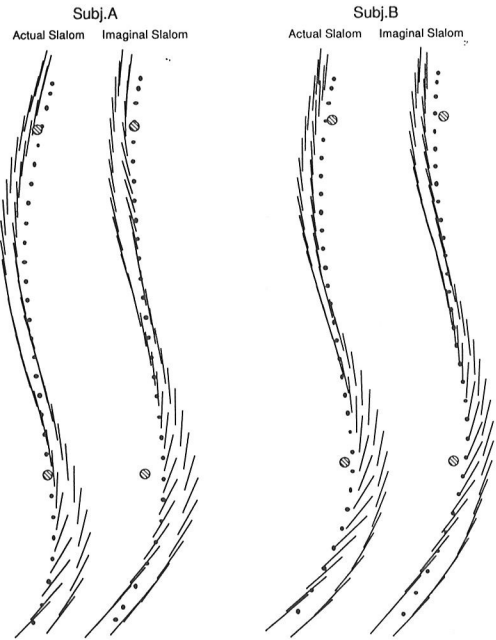


Fig. 3 The top views of stick pictures of the skis and the trajectories of C. G. skiing in different ways (top view).

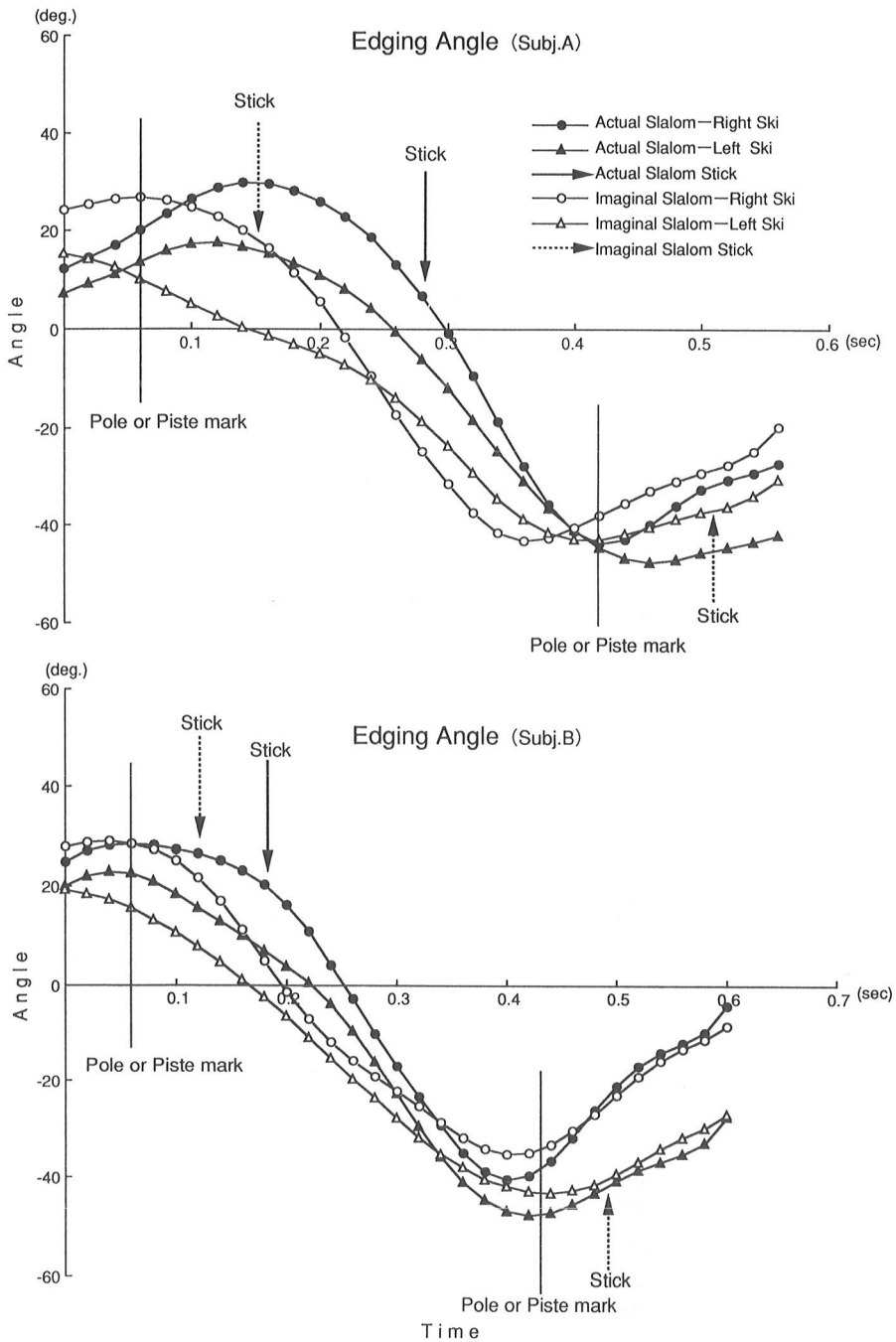


Fig. 4 Edging angle skiing in different ways. Stick plantings were indicated by arrow. Passing pole or piste mark were indicated by vertical lines.

がピステマークを通過した後に左ターンから右ターンへ早い時期にスキーが動いていることが認められる。

図4に、A、Bのサラロームおよび仮想サラロームの左右のスキーのエッジング角について示した。左ターンを正で、右ターンを負で示した。図4から図8にポールまたはピステマークの位置、ストックを突いた地点を示した。A、Bともに、サラロームでは、ポールとポールの間でストックを1回突いていた。仮想サラロームではピステマークを通過した後にストックを突いており、分析の範囲では2回突いていた。いずれの試技においてもストックは、エッジング角が最大となった後に突かれていた。エッジが切替えられる地点についてみると、仮想サラロームの方がサラロームよりも早い地点でなされていた。

さらにスキーの迎え角について、A、Bのサラロームおよび仮想サラローム時の変化を図5に示した。いずれの試技においてもストックは、迎え角が最大となった後に突かれていた。スキーの迎え角が切替えられる地点についてみると、Aは明らかに仮想サラロームの方がサラロームよりも早い地点でなされていた。両者とも2本目のポールまたはピステマークの通過地点では明らかな位相のずれが認められ、サラロームの方が遅くにピーク値を迎えていた。

次にサラロームおよび仮想サラロームの身体重心の左右および前後への移動距離を図6に示した。左右への重心移動はA、Bともに、サラロームおよび仮想サラロームで両足の中心より約30cmから45cmの範囲で変化し、同じような動きとなっていた。しかし、変化の位相がずれており、両者ともサラロームの方が遅れていることが認められる。前後への重心移動はAでは常に靴の中心よりも前方に位置していたが、Bでは後方に位置している地点もみられる。両者とも、仮想サラロームの方がサラロームより前方に重心がおかれる傾向であった。

図7に、A、Bのサラロームおよび仮想サラロームの上体および下腿の前傾角について示した。いずれの被験者、試技ともに下腿よりも上

体の前傾角の方が大きくなっていた。両被験者とも仮想サラロームの方が上体の前傾角の最大値が大きく、滑走中も大きい傾向であった。一方下腿の前傾角は、両者ともサラロームの方が大きく変化している傾向であった。

さらに、腰および膝の屈曲角について、A、Bのサラロームおよび仮想サラロームの角度変化を図8に示した。両者で両試技ともに膝よりも腰の方が深く曲げられていた。腰、膝の屈曲伸展の範囲はサラロームおよび仮想サラロームともによく似ていた。しかし、腰および膝の屈曲角ともに位相のずれが認められ、サラロームの方が遅くなっていた。

## 考 察

サラロームのポールと仮想サラロームのピステマークは、雪上で同じ位置にセットされていたが、エッジングを始め身体の動きが異なり、滑り方に違いが生じていた。ストックを突くタイミングについてみると、仮想サラロームではピステマークに近いところで突かれていたが、サラロームではそれよりも遅れていた<sup>4)</sup>。しかし、ストックをつくタイミングをスキーや身体の動きから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で、身体重心が左右へ最大に移動した後にストックが突かれていた<sup>5)</sup>。ターン動作との関連で見ると、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。ウェーデルンをノーマル、ジャンピング、ベンディングによる滑走方法で行った場合のストックのタイミングも同様にスキーや身体の動きが最大を過ぎた後になされていたことが報告されている<sup>3)</sup>。このことから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、スキー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となるとする多くの指導書<sup>12)</sup>の見解とは異なるものであることが示唆された。

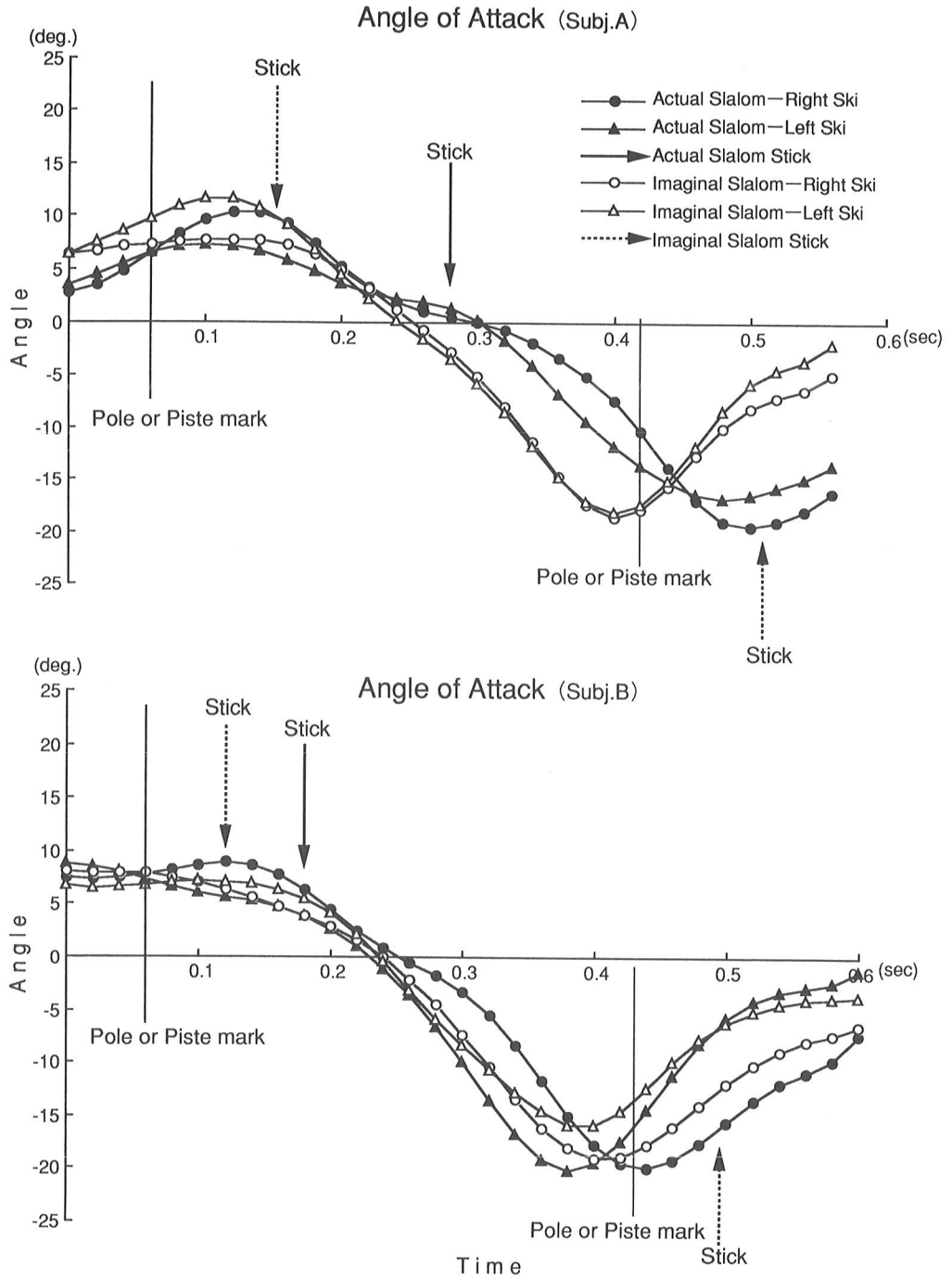


Fig. 5 Angle of attack skiing in different ways. Stick plantings were indicated by arrow. Passing pole or piste mark were indicated by vertical lines.

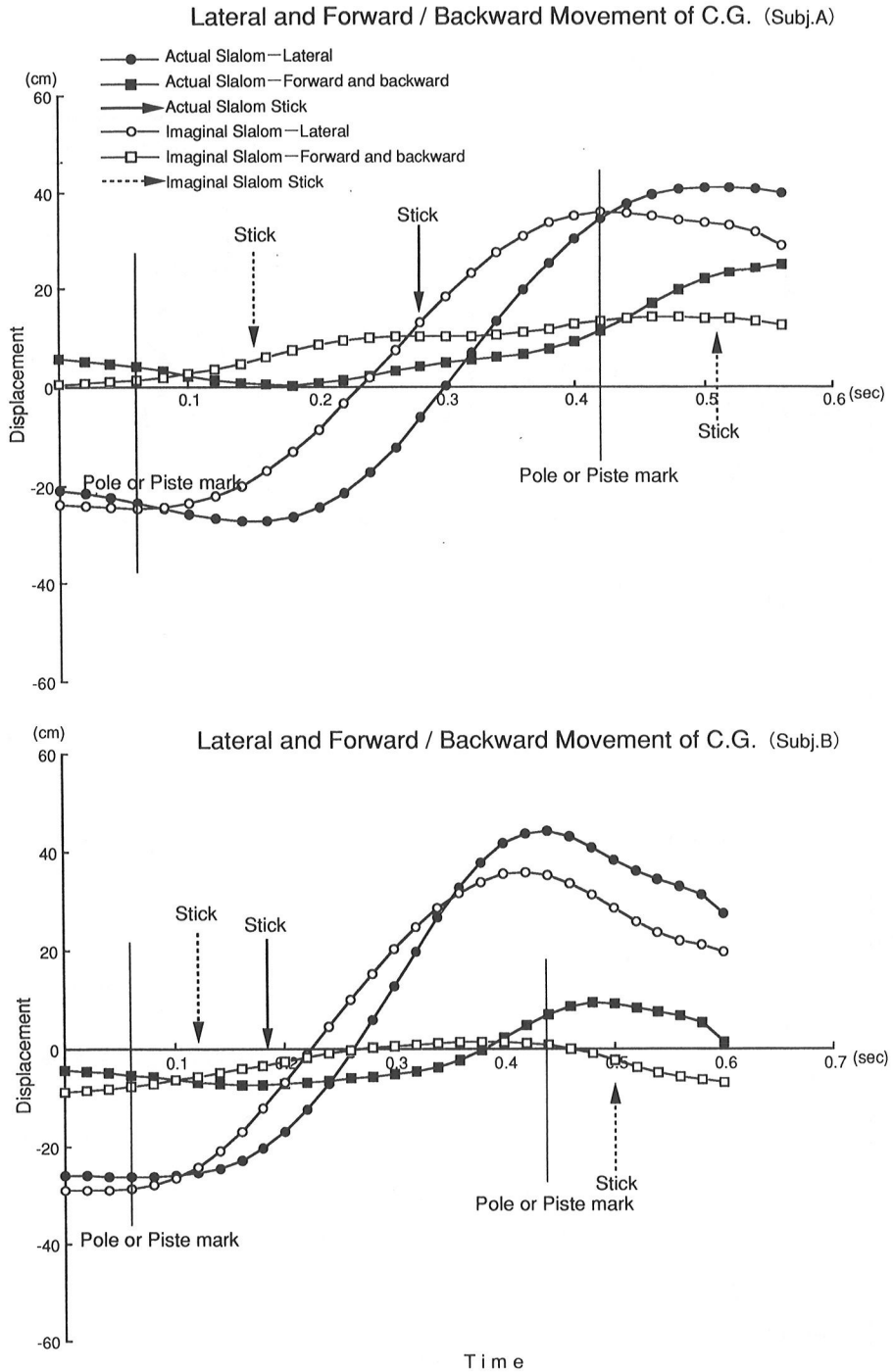
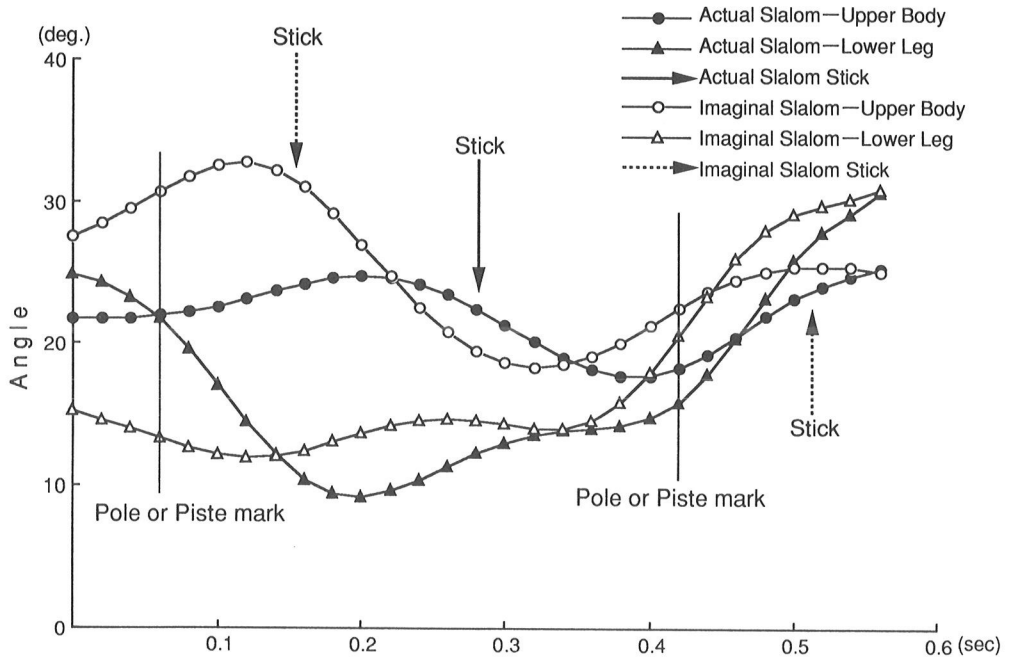


Fig. 6 Lateral movement and forward and backward movement of C. G. in skiing in different ways. Stick plantings were indicated by arrow. Passing pole or piste mark were indicated by vertical lines.

Inclination of Upper Body and Lower Leg (Subj.A)



Inclination of Upper Body and Lower Leg (Subj.B)

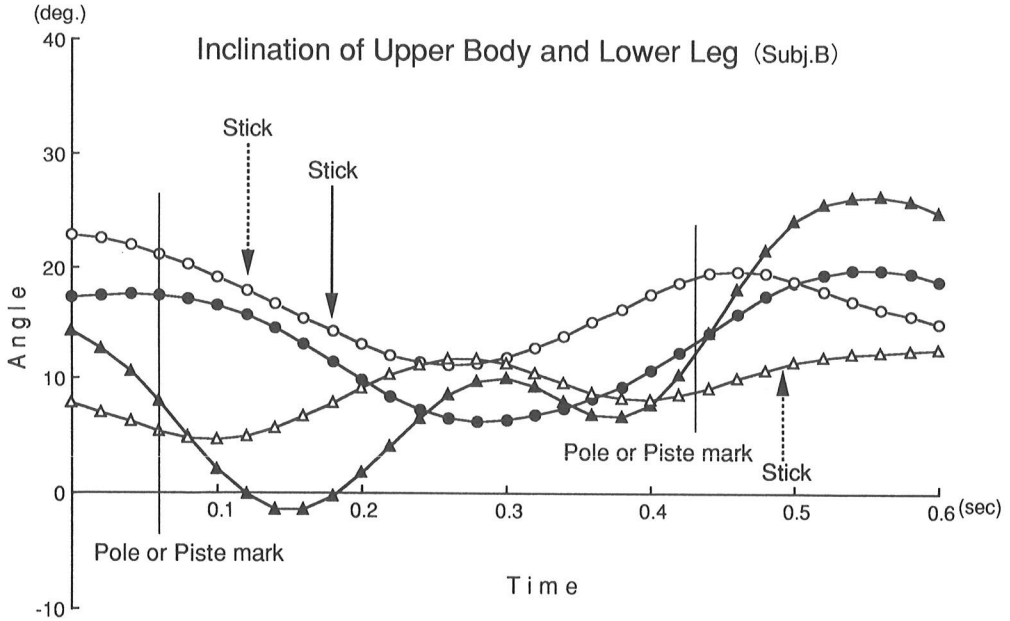


Fig. 7 Inclination of upper body and lower leg in skiing in different ways. Stick plantings were indicated by arrow. Passing pole or piste mark were indicated by vertical lines.



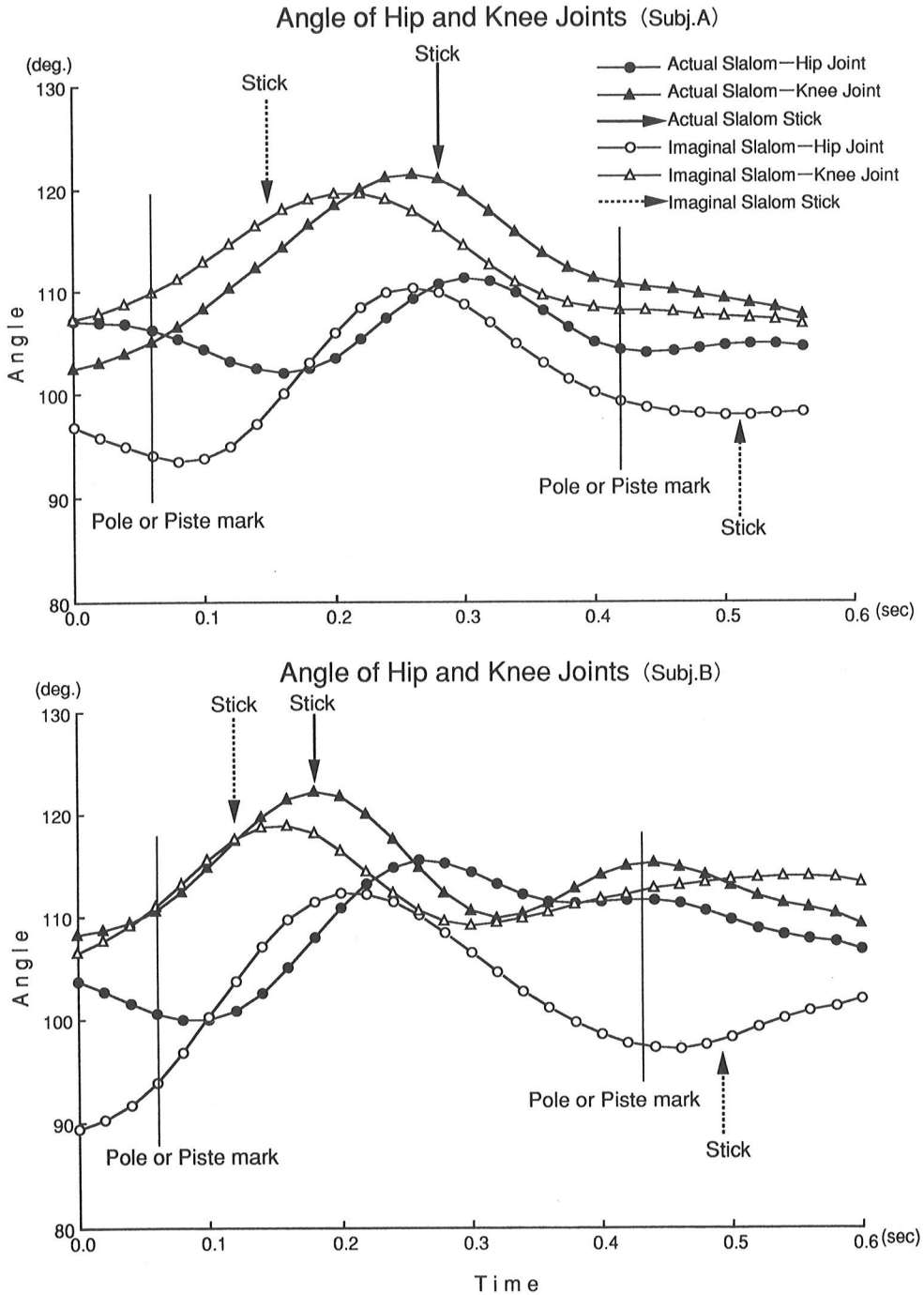


Fig. 8 Angle of hip and knee joints in skiing in different ways. Stick plantings were indicated by arrow. Passing pole or piste mark were indicated by vertical lines.

スラロームは仮想スラロームに比べ、エッジング角や迎え角の切り替えが遅れていることが認められた。また、身体重心の左右への移動や、腰および膝の屈曲角で位相のずれがみられ、スラロームの方が遅くなっていることが認められた。スラロームでは体の正面にきたポールを手で倒していく動作が必要となるために仮想スラロームに比べ動作の遅れが生じることが考えられる。競技スキーヤーが、ポールなしでポールがあることを仮想して滑走することは、動作の遅れを矯正するために有効な手段と言えよう。このことは、仮想スラロームによる練習が、スラロームの練習として、スキーや身体の動きの矯正として有効であることが示唆される。

### ま と め

競技スキーの経験を有する2名のスキーヤーにスラロームおよび仮想スラロームによる方法で滑走させ、運動学的観点から分析し、ポールまたはピステマークを通過する際のスキーや身体の動きとストックを突く位置およびタイミングについて検討し、以下のことが明らかとなった。

1. スラロームと仮想スラロームではストックを突く位置が異なっていた。
2. ストックのタイミングは両滑走法に共通で、ターンのマキシマムを過ぎた後であった。
3. 仮想スラロームでは早い時期に次へのターンの始動が行われていることが認められ、エッジング角や、迎え角がスラロームに比べ早く切り替わっていた。
4. スラロームと仮想スラロームでは、身体重心の左右への移動や、腰および膝の屈曲角で位相のずれがみられ、仮想スラロームの方が早くなっていることが認められた。
5. 仮想スラロームによる練習が、スキーや身体の動きの矯正として有効であることが示唆される。

### 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、袖山紘、安藤好郎、池上康男、桜井伸二、矢部京之助：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—。総合保健体育科学, 18, (1), 83-91, 1995.
- 4) 池上久子、岡本敦、寺島徹、安藤好郎、袖山紘、池上康男、桜井伸二、矢部京之助：スキースラロームのバイオメカニクス—ポールの有無による滑走タイミングの変化について—。第7回冬季スポーツ科学研究会プログラム。1996, pp. 12-13.
- 5) 池上久子、池上康男、桜井伸二、岡本敦、寺島徹、安藤好郎：スキースラロームの運動学的分析—スキー操作とポール通過およびストックのタイミングについて—。日本体育学会第47回大会号。1996, p. 368.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 池上康男、桜井伸二、金子耕一、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.
- 9) 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.
- 10) 袖山紘、池上康男、池上久子、安藤好郎：SKI SLALOM の分析 (1)。日本スキー学会誌, 1: 49-55, 1991.
- 11) 袖山紘、池上康男、池上久子、安藤好郎：SKI SLALOM の分析 (2)。日本スキー学会誌, 4: 47-55, 1994.
- 12) 全日本スキー連盟：日本スキー指導教本。1993.

(1996年12月8日受付)