

スキーロボットの改良とスキー指導方法論の展開

福井大学 清水史郎

The Improvement on an Alpine Skiing Robot and the Development of a Teaching Method on Skiing

by

Shiro Shimizu

Faculty of Education, Fukui University

ABSTRACT

The principle of an alpine skiing robot was applied to a teaching method of skiing. First, a skiing posture is changed from straight down-hill running to snow plow only by internally rotating bilateral hip joints. The posture is also changed from straight down-hill running to traverse by internally rotating the left hip joint and externally rotating the right hip joint or by internally rotating the right hip joint and externally rotating the left hip joint. A straight down-hill running posture, a snow plow posture and a traverse posture considered to be basic skiing postures are clarified to be the same postures by applying the improved skiing robot from a viewpoint of rotating hip joints.

Also that approximately 45 degrees of the angle between the ski and the thigh are the most suitable for edging and rotating the ski and that only by rotating hip joints the skiing robot is able to show alpine skiing techniques such as snow plow, stem turn and parallel turn are clarified. In this study the skiing robot was improved to be a large size.

1. はじめに

スキーロボットを完成させることは、スキー運動のメカニズムを解明することであり、スキー指導方法論を展開するにあたっての意味があると考

える。しかしながら、スキー運動は千変万化する雪上でのスポーツであり、スキー用具との関係もあって複雑な要因が多過ぎて簡単にスキーロボットは現実化できないと考えられてきた。にもかかわらず、最近になって、ラジオコントロールによ

るスキーロボットの開発が話題を呼んでいる¹⁻⁴⁾。筆者らは一台でブルークボーゲン、シュテムターン、パラレルターン、ウェーデルンを行うことが可能なラジオコントロールによるアルペンスキーロボットを開発した^{3,4)}。そこで本研究では、このアルペンスキーロボットの原理と、アルペンスキーロボットの改良、さらにそこから引き出されたスキー指導方法論を展開する。

2. アルペンスキーロボットの原理

スキーヤーの姿勢とスキーの回旋、角付けについてはすでに報告した^{3,4)}。ヒトの股関節の可動範囲を一応、内旋45度、外旋45度⁵⁾と仮定してアルペンスキーロボットの原理に当てはめてみると以下ようになる。

1) 図1のように大腿部長軸とスキーが垂直になるような直立姿勢をとらせる。そして大腿部長軸を左右に45度ずつ回転(股関節の回旋)すると、スキー板は大腿部長軸を中心軸として左右方向に45度ずつ円運動する。しかし、角付けの変化は起こらずスキーは平踏みのままである。

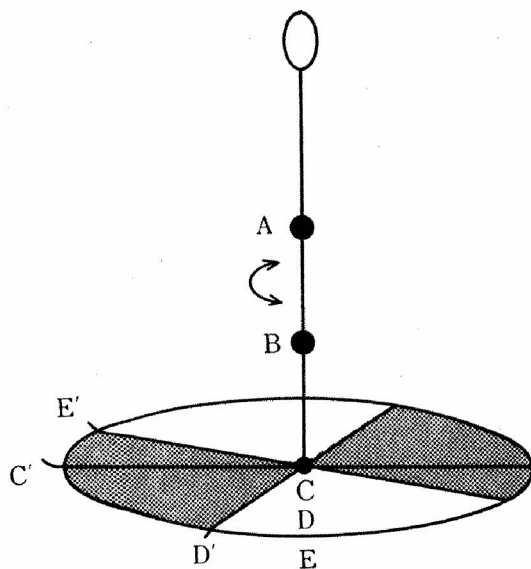


図1 直立姿勢と股関節の回旋

2) それに対して図2のように大腿部長軸とスキー板が平行になるような屈曲姿勢をとって大腿部長軸を左右に45度ずつ回転(股関節の回旋)す

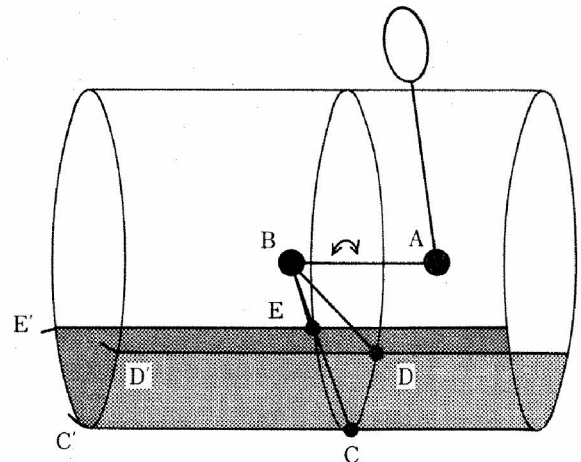


図2 大腿部長軸とスキー板とが平行になる姿勢と股関節の回旋

ると、大腿部長軸を中心軸としてスキー板が円柱の表面を描くように動きスキー板への角付けが左右に45度ずつ強まる。しかし、スキー板の回旋は起こらない。

3) そこで図3のように大腿部長軸とスキー板とのなす角度を45度程度にして、大腿部長軸を左右に45度ずつ回転(股関節の回旋)すると、スキー板の回旋と角付けが同時に起こる。この姿勢はスキーヤーの多くがとる姿勢であり、その際のスキー板は図3のように、大腿部長軸を円錐の中心軸として円錐面を描くように動く。また図4の上段のように、図3のような姿勢と直立姿勢の間段姿勢をとると、スキー板は底面が広く中心軸が短い円錐2個が円錐の頂点を共有するように動く。また図4の下段のように屈曲姿勢に近づくと底面

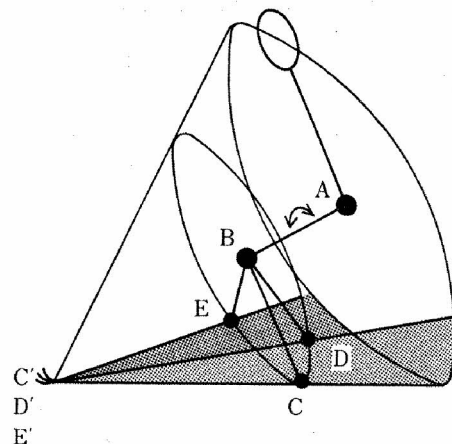


図3 大腿部長軸とスキー板とが45度になる姿勢と股関節の回旋

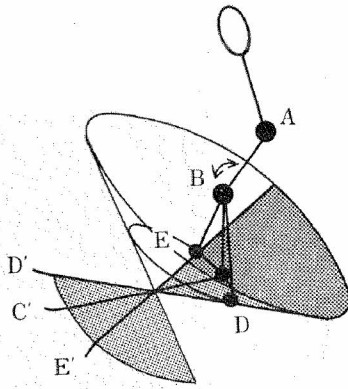
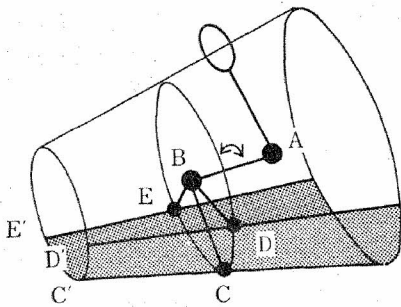


図4 伸展・屈曲姿勢と股関節の回旋



が狭く中心軸が長い円錐の表面を描くように動く。

4) また図5のように大腿部長軸とスキー板とのなす角度がスキーの後方で交叉するような極端に屈曲した(尻を落とした)姿勢をとり、大腿部長軸を左右に45度ずつ回転(股関節の回旋)すると、大腿部長軸を中心軸としてスキー板が円錐の表面を描くように動くが、上記3)とは円錐の向きが図5のように逆になっている。そこで例えば

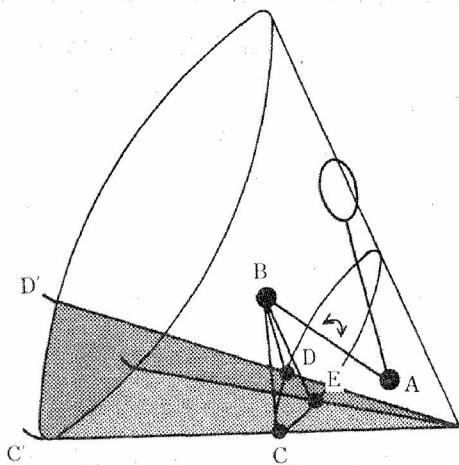


図5 極端に屈曲した姿勢と股関節の回旋

左股関節を内旋した場合図3ではスキー板が右方向に回旋したのに対して図5ではスキー板が左方向へ回旋するような逆の動きをする。しかし、角付けは同じ側に起こる。

ここで重要なことは、このアルペンスキーロボットの膝関節と足関節は固定されており、股関節の回旋によって、アルペンスキーロボットのスキー板の回旋と角付けの程度が決定されるという点である。

3. アルペンスキーロボットの改良

従来のアルペンスキーロボットは、重さ900g、高さ22cm、スキー板は30cmのアルミ製の小型機であった。そこでこの小型のアルペンスキーロボットを大型に改良することを試みた。すなわちアルペンスキーロボットを大型化することは実際のスキーヤーの大きさに近づける意味だけでなく、実物のスキー板の性能テストやスキーウェアのテスト、さらには安全締め具の開発やスキーワックスのテストに幅広く活用できると考えられる。

スキーロボットの大型化に際してまず問題になってくるのは大型サーボモータの開発である。しかし、この点に関しては利根川精工社製のSSPS-102サーボモータを利用することができた。この大型サーボモータの特徴は、パルス幅制御(1.51mm/sec)、動作角度が片側45度(両側90度で0.7sec)、出力トルクが100kg・cm(12V最大失速

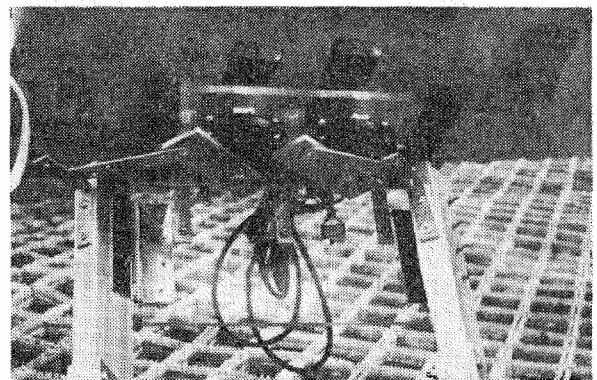


写真1 サーボモータの配置

時)の超強力なサーボモータである。サーボモータの配置に関しては、写真1のように従来のアルペンスキーロボットに比べて股関節に近い部位にサーボモータを配置するようにした。アルペンスキーロボットの原理でも述べたように、スキーの回旋と角付けに適した姿勢をとるために、大腿部長軸とスキー板とのなす角度が45度となるように構成した。その結果、足関節角度は75度、膝関節角度は120度となった。また市販の23.0cmのスキー靴と120cmのスキー板を使用した。

小型アルペンスキーロボットの場合には、スキーの滑降、回転の際、斜面の凹凸に大きく影響されたが、アルペンスキーロボットを大型化(重さ10kg、高さ90cm、スキー板は120cm)したことによって、斜面上に多少の凹凸があってもさほど問題もなく、例えばプラスチックスノーの上であっても十分スキーの滑降、回転が可能となった。勿論、大型サーボモータの特性で応答時間は少々遅いという欠点があるにしても、従来のアルペンスキーロボットと同様、直滑降、プルーク、斜滑降、プルークボーゲン、シュテムターン、パラレルターン、ウェーデルンなどの技術種目を一台で行うことが可能である。

4. スキー指導方法論の展開

1) 直滑降姿勢とプルーク姿勢について

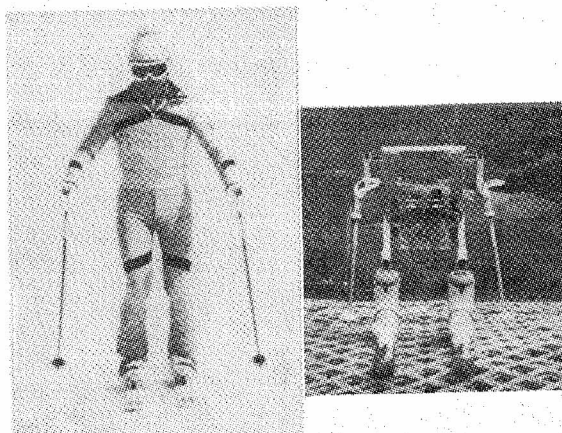


写真2 スキーヤー(日本スキー教程、スキージャーナル社)とアルペンスキーロボットの直滑降姿勢

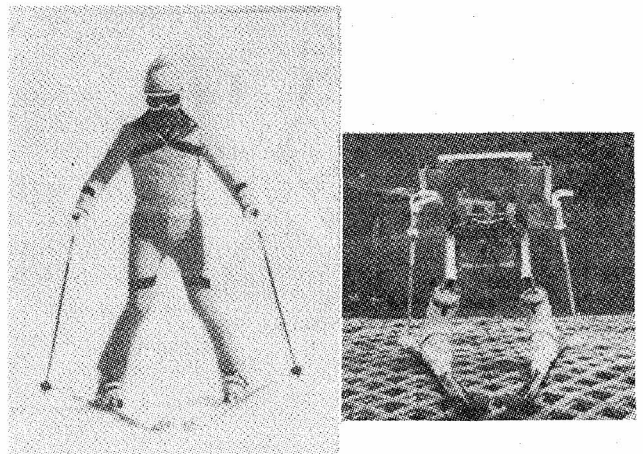


写真3 スキーヤー(日本スキー教程、スキージャーナル社)とアルペンスキーロボットのプルーク姿勢

写真2には、スキーヤーとアルペンスキーロボットの直滑降姿勢を示した。アルペンスキーロボットの場合、左右の安定性を保持するためにスキーヤーよりわずかに広い開脚姿勢をとっているが、スキーヤーとアルペンスキーロボットの直滑降姿勢にはほとんど変わりがない。また、写真3には、スキーヤーとアルペンスキーロボットのプルーク姿勢を示している。両プルーク姿勢はスキー板そのものがV字状態になっており、両スキーの内エッジが立っている点において同じプルーク姿勢と考えられる。写真3においても明らかなように、両プルーク姿勢は酷似している。このことは、直滑降姿勢から左右の股関節の内旋だけによってプルーク姿勢がとれることを示している。また、日本スキー教程による、伸ばし押し出しによるプルーク⁷⁾は、股関節の内旋に外転が加わったものと考えられる。また直滑降とプルークは最大傾斜線にターンをしないで滑っていくという点において共通している。このことは左右の股関節を基本的には動作させないで同一姿勢を保持することによって最大傾斜線に向って滑り降りる技術として考えられる。多くのスキー指導書では感覚的な表現を用いて、プルーク姿勢についても種々の説明がなされている。しかし、直滑降姿勢から左右の股関節を内旋するだけでプルーク姿勢がとれ

る、という簡潔明瞭な指摘はこのアルペンスキーロボットによって初めて可能となった。

2) 直滑降姿勢と斜滑降姿勢について

スキーターンの基本姿勢として斜滑降姿勢（外向傾姿勢）があげられるが、なかなか初心者にとっては難しい姿勢である。スキー指導の現場では、指導者は外向だ、外傾だ、いや谷足荷重だと言っては、斜滑降姿勢をとらせようとする。生徒の側も教師に言われたとおりに一生懸命やっていたものの、どこをどうすれば良いのかよく分からず、どうもうまくいかない。ところで、このアルペンスキーロボットは正しい斜滑降姿勢をとることができる。写真4のように直滑降姿勢からアルペンスキーロボットの右股関節の内旋と左股関節の外旋を行うか、または左股関節の内旋と右股関節の外旋を行うと、斜滑降傾姿勢がとれる。アルペンスキーロボットの斜滑降姿勢は、開脚姿勢ではあるがスキーヤーの斜滑降姿勢に酷似している。また、いわゆる斜滑降姿勢の基本とされる、「山スキーは谷スキーに対して前方に出ていること。スキーのトップとトップを結んだ線に対して、足と足、膝と膝、腰と腰、肩と肩、肘と肘、手首と手首を結んだ線が、すべて平行になる。」ことに叶っている。そして、股関節の回旋の強さに応じて斜滑降姿勢の程度も変えることができる。すなわち回旋を強めれば斜滑降姿勢の外向傾

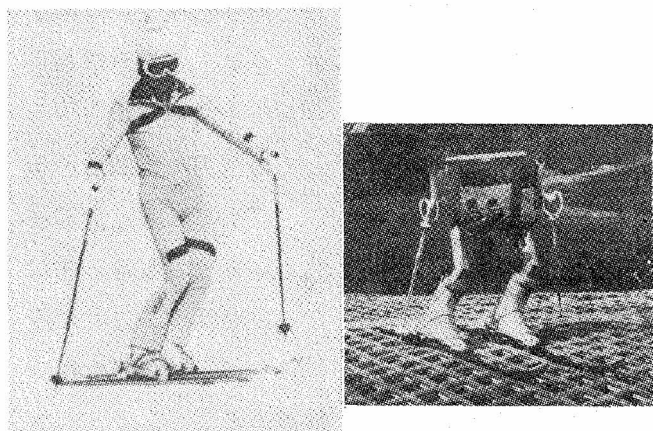


写真4 スキーヤー（日本スキー教程，スキージャーナル社）とアルペンスキーロボットの斜滑降姿勢

も強まる。上体を動かさなくても、股関節の回旋によって、上体は谷側を向き（外向姿勢）、谷側に傾く（外傾姿勢）。スキーヤーも無理して上体を動かそうとするのではなくて、ただ上体はリラックスして股関節の回旋によって生ずる外向、外傾に身を任せておればよい。

ストックにしても無理をして突こうとしなくても、自然と谷側のストックを突くような姿勢をとる。斜滑降姿勢は、上体や腕でとるのではなくて股関節の回旋の結果、生じてくる姿勢であると考えてよい。直滑降姿勢から左右の大腿部長軸を同じ方向に回転（股関節の回旋）をすると斜滑降姿勢がとれる。そして、直滑降姿勢から左右の大腿部長軸を内側に回転（股関節の内旋）をするとプルーク姿勢がとれる。スキーの基本姿勢として考えられてきた直滑降姿勢、プルーク姿勢、斜滑降姿勢が実は股関節の回旋のみによって生ずる姿勢変化であることが、このアルペンスキーロボットによって明らかになった。

3) プルークボーゲン，シュテムターン，パラレルターンの回転技術について

現在までターンの技術はそれぞれ別々の技術種目として考えられてきたり、あるいは近年、統一的な考えでターンを説明しようと試みられてきた。しかしながら、股関節の回旋によってプルーク姿勢と斜滑降姿勢がとれることから、さらにターンについても発展して考えることができる。図6には股関節の回旋の方向とスキーターンの関係を示す模式図として表わしたものである。すなわちアルペンスキーロボットによるターンを考えた場合、パラレルターンもシュテムターンもプルークボーゲンも運動要素は、大腿部長軸とスキー板のなす角度を45度程度になる姿勢をとって股関節を回旋させることであり、基本的には何等違いはない。ただ異なっているのは、パラレルターンの場合には、図6のように左右の股関節を大腿部長軸に対して同じ方向に回転させるのに対して、シュ

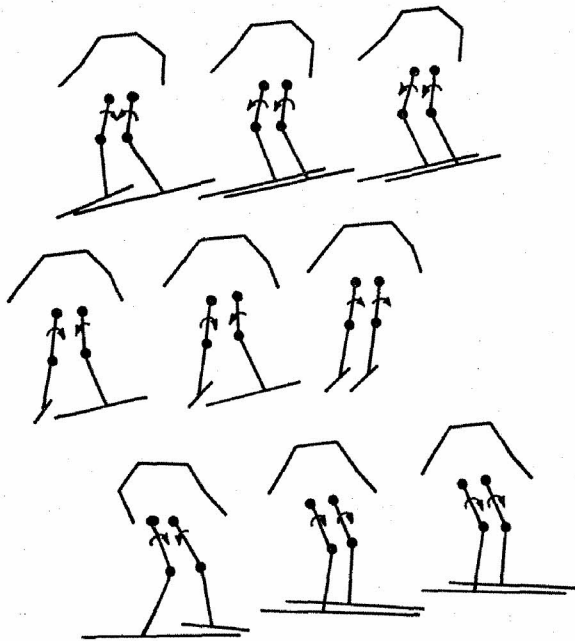


図6 股関節の回旋の方向とスキーターン

テムターンではターンの途中で、一時的に左右の股関節を内旋させプルークの状態をつくるという点だけである。またプルークボーゲンにしても股関節の回旋を行うという点では変わりがなく、常に股関節の内旋を保持した状態でさらにターンしたい外側脚の内旋を強めるだけでよい。回旋の方向と、その時期と程度がターンの技術種目によって異なっているだけで、ターンの基本原理として考えられる股関節の回旋については同じことである。ウェーデルンについては、パラレルターンの連続小回りとしてとらえても、ほとんど不都合はないと考えたので、ここでは特に取り上げなかった。他の関節を動かすことなく股関節の回旋のみによってターン技術のほとんどが可能であるとする上述の考え方によって、複雑なスキー回転技術を単純化、明確化することができた。

4) スキー指導法の展開

現在、日本のスキー界に大きな影響を与えている日本スキー教程における指導の展開についての基本的な考え方としては、プルークボーゲンまでを基本技術とし、シュテムターンやパラレルターンなどのスキー技術を応用技術としている⁸⁾。し

かしながらプルークボーゲン、シュテムターン、パラレルターンは、上述したように股関節の回旋という点で基本的にはほとんど同じスキー技術である。だから回転技術として同一のカテゴリーに分類するのが妥当だと考える。しかし、プルークボーゲンの場合には、左右のスキーによって構成される底面積がシュテムターンやパラレルターンに比べて広いことから、安定性が高いと考えられる。それに対してパラレルターンの場合には、プルークボーゲンやシュテムターンに比べて左右のスキー板によって構成される底面積が狭いので不安定であると考えられる。さらに一般的には、プルークボーゲンの場合には比較的スピードが緩やかであるのに対して、パラレルターンの場合には比較的スピードが速いと言える。以上のことからスキーの初心者がスキーの技術を習得していくには、やはり従来のプルークボーゲンから始めてシュテムターン、パラレルターンと進むのが技術順序として適当であると考えられる。

プルークボーゲン、シュテムターン、パラレルターンの運動要素としては、股関節の回旋であるという点から言えば同じ原理によってターンの説明がつく。過去に、スキー指導方法上の問題としてシュテムターンからパラレルターンへのつながりが技術種目としてうまくつながらないので、その解決として谷開きターンや両開きターンあるいはショートスキーによるスキー指導法などが登場した。しかし、アルペンスキーロボットの原理から展開された運動要素は、シュテムターンからパラレルターンの技術種目としての差異の問題に一つの回答を与えたことになる。ここでスキー指導法の展開を述べてみると、図7のようになる。すなわち滑降技術の段階として、直滑降から左右の股関節の回旋方向によってプルークと斜滑降に展開することができる。回転技術の段階として、左右の股関節の回旋方向と時期によってプルークボーゲン、シュテムターン、パラレルターン（ウェー

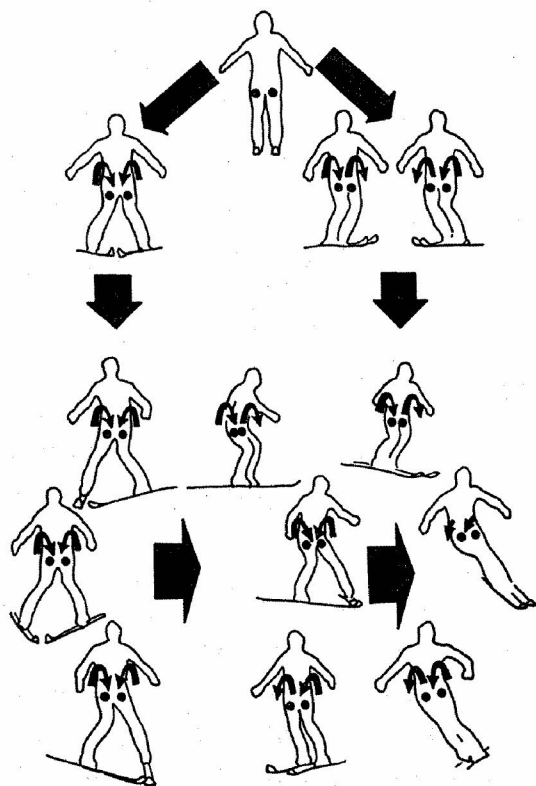


図7 股関節の回旋とスキー指導の展開

デルン) があげられる。プルークボーゲンは矢印で示したようにプルーク姿勢から発展する技術であり、パラレルターンも矢印で示したように斜滑降姿勢から発展する技術である。またシュテムターンはパラレルターンの途中にプルーク姿勢が入ることであり、プルークボーゲンとパラレルターンの中間の技術である。また上述したようにプルークボーゲンからシュテムターンさらにパラレルターンへと矢印のようにスキー技術指導が進められる。

しかしながら、このアルペンスキーロボットは、ジャンプやステップを行うことができない。歩行、登行、スケーティング、ステップターン、ジャンプターンなどのスキー技術については今後さらにアルペンスキーロボットの改良を進める必要がある。スキーヤーもターンに適した姿勢をとり股関節を回旋することによって、ほとんどのスキー技術が可能である。しかし、学習者に対してスキー指導を行う場合、直接的に股関節の回旋を

行えと言っても、スキー初心者にはうまく伝わらないことが予測されるので、どのようにして股関節の回旋を意識させるのかはスキー指導者や研究者にとって今後に残された問題である。

5) 身障者スキーとスキートレーニングへの展開と可能性

現在、片足欠損者や片足切断者は、片足にスキーを覆いて、両手ストックの先にアウトリガーを付けて滑降しているが、このアルペンスキーロボットのターンの原理を用いれば股関節を動作できれば、健常者と同じように滑降することが可能であろう。従来両足欠損者や両足切断者はスキー滑降が不可能と考えられていたが、足関節や膝関節が仮に欠損、離断または切断していたとしても、股関節の回旋ができる状況であれば義足を上述のアルペンスキーロボットの原理のように設定することによって、スキー滑降の可能性がでてきた。今後スキーバインディング等の安全面を考慮して実施することが可能になるであろう。さらに身障者スキーヤーへの新しいスキー用具開発への可能性も開けるのではないだろうか。

またターンに必要な動作部位が明らかになったことより、シーズンオフなどのトレーニングとして大腿部長軸とスキー板とが45度程度に姿勢を保持するための筋力を高め、股関節の回旋に必要な大殿筋、小殿筋、深層外旋6筋、縫工筋、大腿筋、膜張筋、大腿二頭筋などを鍛えることが重要な要素となってくる。

6) スキー用具テスト

スキーのサイドカット一つをとってみても、どのようなカッティングにすると、どのようなターンを描くのか、また、どのようにスキーが変形するのか、など解決したい問題が多くある。一般にスキー板は、スキー造りの職人が長年の経験とカンを頼りにスキーを製作し、それをスキーの達人がテストし漸次スキーの性能を高めていくという過程をとる。

しかし、スキーマの達人であっても、同じ滑りを確実に再現できるとは限らない。それに対して、アルペンスキーロボットは、同じ動作を何度でも繰り返すことができ、どのようなスキーがよく滑り、どのようなワックスがよく雪に合うのか、などのテストも比較的簡単にできるであろう。スキーのバイディングについても人体実験では限界があるため、スキーヤーに無理はさせられない。アルペンスキーロボットなら、いくら骨折させても人道上の問題は起こらない。このようにアルペンスキーロボットの完成によって、スキー界のいろいろな分野に影響を与えるであろう。

今後、アルペンスキーロボットは、スキー指導や研究の世界で大きな役割を果たすことが期待される。

5. ま と め

アルペンスキーロボットの原理から、スキー指導方法論を展開した。すなわち直滑降姿勢から左右の股関節を内旋するとプルーク姿勢になる。また、直滑降姿勢から右股関節の内旋と左股関節の外旋を行うか、または左股関節の内旋と右股関節の外旋を行うと斜滑降姿勢になる。スキーの基本姿勢として考えられている直滑降姿勢、プルーク姿勢、斜滑降姿勢は股関節の回旋によって生ずる姿勢変化であることが、このアルペンスキーロボ

ットによって明らかになった。また、大腿部長軸とスキー板とのなす角度を45度程度になる姿勢をとり、左右の股関節を回旋することによって、プルークボーゲン、シュテムターン、パラレルターンなどの回転技術も可能である。

また、アルペンスキーロボットを大型に改良した。

文 献

- 1) Iizuka, K., T. Kobayashi and M. Miyashita; Skirobot for parallel turning, IX International Congress of Biomechanics Scientific Program, 109 (1983)
- 2) 飯塚邦明; ロボットによるパラレルターン, 体育の科学, 33(12): 900—903 (1983)
- 3) Shimizu, S., T. Murakami; Entwicklung von Schi-Robotern, *LEIBESÜBÜNGEN/LEIBES-ERZIEHUNG*, 39(3): 77—81 (1985)
- 4) 清水史郎, 村上利栄; アルペンスキーロボットの開発—姿勢とスキーの回旋, 角付けとの関係—, 姿勢研究, 5(1), 51—54 (1985)
- 5) 中村隆一, 斎藤宏; 基礎運動学, 医歯薬出版, 47 (1983)
- 6) 全日本スキー連盟; 日本スキー教程, スキージャーナル, 34—35 (1983)
- 7) 全日本スキー連盟; 日本スキー教程, スキージャーナル, 38 (1983)
- 8) 全日本スキー連盟; 日本スキー教程, スキージャーナル, 26—31 (1983)