

氏名(本籍)	清水史郎(福井県)		
学位の種類	博士(体育科学)		
学位記番号	博乙第1724号		
学位授与年月日	平成13年3月23日		
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当		
審査研究科	体育科学研究科		
学位論文題目	スキーロボットによるターンモデルの開発と指導への応用		
主査	筑波大学教授	体育学博士	飯田 稔
副査	筑波大学教授	博士(体育科学)	高橋 健夫
副査	筑波大学教授	教育学博士	阿江 通良
副査	筑波大学教授	工学博士	太田 道男
副査	筑波大学教授	博士(教育学)	大高 泉

論文の内容の要旨

斜面をターンするスキー運動を物理学的にとらえると、重力場での落下運動の一種として捉えることができる。しかし、実際のスキーのターン技術は種類も多く、かつ斜面やスピードも異なり、雪質そのものが多様な変化をすることから、定量的、数量的な取り扱いには困難であるとされてきた。

それでも、スキーのターンを解明するために、スキーにおける物理学的研究やバイオメカニクス的な研究などは、比較的早い時期(1950年代)から行われてきた。そして、それらの知見はスキーの指導法に多くの示唆を与えた。

しかし、スキーヤーがどのような動作をすると、スキーがうまくターンするかについては明らかにされてこなかった。すなわち、スキーヤーの動作に注目して、スキーヤーが行うべきターンに必要なかつ不可欠な動作の解明には至っていない。

そこで、本研究ではスキーヤーのターンをモデル化した簡単な機構を備えた機械(スキーロボット)にターンを行わせることにより、スキーヤーのスキー動作やターンが再現されているかを確認する方法を用いることにした。すなわち、現実のスキーヤーのターンの現象がうまく再現されていれば、対象となったターンモデルが妥当であったことが証明されターンのための動作要素が抽出できると考えた。

本研究の目的は、スキーロボットによりターンモデルを開発し、スキーロボットを開発する過程で明らかになったターンの動作要素から、スキー指導への応用を考察することであった。

そこで、本研究の目的を達成するために、以下の研究課題を設定した。

研究課題1：スキーが有効サイドカーブに沿ってターンする切れ込みターンモデルを開発する。

研究課題2：スキーが横ずれを伴ってターンする横ずれターンモデルを開発する。

研究課題3：スキーヤーの基本姿勢と基礎ターン技術が、股関節の回旋のみが許される動作で再現できるモデルを開発する。

研究課題4：股関節の回旋モデルと脚の屈曲と伸展を組み合わせた複合モデルが、現実のターンの多くを再現できることを明らかにする。

研究課題5：スキーロボットで明らかになった動作要素を踏まえて、スキー指導への応用を考察する。

研究方法として、スキヤーの動作計測によるのではなく、スキーロボットを適用した。スキーロボットは、主として、アクリル板とアルミ板を加工して、スキヤーの腰、脚を連結し、サーボモーターによって蝶番の開閉により股関節の回旋動作を行った。開発した15のスキーロボットによるターンモデルの外寸は、全長40～140mm、全幅70～220mm、全高70～350mm、重量は120～850g、そして使用するスキーの長さは115～380mmの範囲にある。斜面は、斜度20度の一定な斜面の上に絨毯を敷き、その上で、スキーロボットをターンさせた。

その結果、以下の結論を得た。

1. 凹状スキーとたわみによって有効サイドカーブが生じ、スキーの角付けを強めると、切れ込みターンが再現できた。そして、股関節の内転と外転モデル、脚の屈曲と伸展モデル、股関節の内転と外転による連続自動回転モデル、ストレート内傾による連続自動回転モデル、支え棒付き1本スキーモデルは、切れ込みターンを再現した。また、ターンをさせたい曲率半径に、スキーの有効サイドカーブの曲率半径を設定すると、ほぼ同様の曲率半径で切れ込みターンをすることができた。
2. 横ずれターンモデル、プルークトップリフトモデル、シュテムトップリフトモデルは、ターン外股関節の内旋を強めると、ターン内スキーにトップリフトが生じ、トップリフトした側に横ずれターンをすることができた。また、支え棒付き1本スキーモデルで、スキーの前部にスキヤーを取り付けると横ずれターンすることを示した。
3. 大腿部長軸とスキーのなす角度が45度程度の姿勢をとり、股関節を回旋すると、大腿部長軸を円錐の中心軸として、スキーは円錐の表面を描くように動いた。すなわち、股関節の回旋を強めると、スキーの向きが変わり同時に角付けも強まった。そして、この原理を応用すれば、直滑降姿勢から、両股関節の内旋を行うとプルーク姿勢になった。また、直滑降姿勢から右股関節の外旋と左股関節の内旋を行うか、右股関節の内旋と左股関節の外旋を行うと斜滑降姿勢になった。すなわち、スキーの基本姿勢である、直滑降姿勢、斜滑降姿勢の3つの姿勢が、股関節の回旋による姿勢変化であることを明らかにした。
4. 股関節の回旋モデルは、基礎ターン技術であるプルークボーゲン、シュテムターン、パラレルターン・ウェーデルンを再現できた。プルーク姿勢からターン外股関節の内旋を強めるとプルークボーゲンになった。シュテムターンはターン前半を斜滑降姿勢からターン外股関節の内旋によってプルーク姿勢になり、ターン後半をプルーク姿勢からターン内股関節の外旋により斜滑降姿勢になってターンを仕上げた。不安定なスキーの角付けの切り替え時期を、まず外スキー、次に内スキーと時間をずらして角付けを切り替えるのが、シュテムターンの特徴であった。また、斜滑降姿勢から両股関節を同時に回旋してターンするとパラレルターンやウェーデルンができた。
5. 股関節の回旋と脚の屈曲・伸展による複合モデルは、立ち上がりとしみ込みによるプルークボーゲン、シュテムターン、パラレルターンが再現できた。さらに、直滑降での両脚の屈曲と伸展、プルークでの両脚の屈曲と伸展、しみ込みながらの山回り、立ち上がりながらの山回り、さまざまなギルランデやウェーデルンなど、現実のスキヤーが行っているターン技術のほとんどを、股関節の回旋と屈曲・伸展による複合モデルで再現できた。
6. 股関節の回旋と股関節の内転・外転による複合モデルは、腰からのプルーク姿勢（制動プルーク）と腰からの外向傾姿勢（斜滑降姿勢）を再現した。腰からのプルーク姿勢でターン外股関節の内旋を強めるとプルークトップリフトが生じ、プルークボーゲンができた。この複合モデルの特徴は、スキー初心者が安定性を高めるために行っている、両スキーによる支持基底面の広いプルークボーゲンとシュテムターンに酷似していた。
7. スキー指導への応用においては、切れ込みターンでは、角付けを強めることが重要であり、股関節の回旋を行わない法がよい。しかし、横ずれターンにおいては、ターン外股関節の内旋が、最も重要な動作要素であり、また、外股関節を回旋し、他の関節を固定することが、ターンを指導する上でポイントになることを指摘した。さらに、股関節の回旋モデルの観点から、ターン技術の体系を提示した。

以上の結果を総括すると、本研究では、股関節の回旋モデルを中心としたターンモデルを開発することができた。すなわち、スキーロボットにターンを行わせることにより、ターンのために必要かつ不可欠な動作要素が抽出できた。そして、それらの動作要素に基づいたスキー指導への示唆を得ることができたことに、本研究の意義があったと考えられる。

審 査 の 結 果 の 要 旨

スキー・ターンの原理やメカニズムについては、物理学やバイオメカニクス的アプローチからの研究が数多くなされているが、スキーは斜面上の3次元運動であり、雪面がスキーに作用する抗力などの外力が複雑に作用すること等の理由から現実のスキーヤーのターンを客観的物理事象として解明するには多くの困難が生じる。このように複雑なスキー・ターンを解明するために、ターンに必要な不可欠な動作要素を抽出することに着目し、その研究方法としてスキーロボットの開発を試みた点に研究の独創性は認められた。

股関節の回旋モデルから、股関節の回旋が、スキーの基本姿勢と基礎ターン技術に内在する重要な動作要素であることを検証し、一般に行われている足関節、膝関節を重視したターンに取って代わる、新しい知見を加えたことが高く評価された。

近年注目されている切れ込みターンと従来の横ずれターンの違い及びその指導法についての論理的展開は、実践面においても十分に活用できるものであると判断された。

閉脚による切れ込みターンモデルと横ずれターンモデルの開発とコブ斜面に対応できるターンモデルの開発が今後に残された課題である。

よって、著者は博士（体育科学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。