

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 18 日現在

機関番号：34205

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23300221

研究課題名(和文) 受動型ターンモデルの開発とスキー指導への応用

研究課題名(英文) Robot Models for Passive Dynamic Skiing and its Application to Teaching.

研究代表者

清水 史郎 (shimizu, shiro)

びわこ成蹊スポーツ大学・スポーツ学部・教授

研究者番号：30020134

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 7,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、受動型の横ずれスキーターンモデルを開発した。それらは、1)股関節の外転・内転と股関節の内旋による受動型横ずれターンモデル、2)股関節の回旋による受動型ブルークボーゲン(横ずれターン)モデル、3)ストレート内傾と股関節の内旋による受動型横ずれターンモデルである。これらのターンモデルは、動力を使わないで重力や慣性を利用したターンモデルであり、斜面上でターンの切り換え時に受動的(自動的)にターンモデルが谷側に傾き、エッジの切り換えが行われる。そしてターン内側のスキーにトップリフトが生じ、スキー後端が船の舵の役割を果たして横ずれターンが生じたと考えられる。

研究成果の概要(英文)：We have developed; 1) A passive skidding-turn model of abduction and adduction of the hip joints, with inner rotation of the hip joints, 2) A passive skidding-turn model with inner rotation of the hip joints around the femur axes, 3) A passive skidding-turn model of inward lean with inner rotation of the hip joints. In terms of the performance of the passive skidding-turn models, keeping the bilateral hip joints of the skidding-turn model (which are rotated slightly inside with a double-lever mechanism of the four links of a quadric crank-chain), a sequential skidding-turn could be achieved with energy-less skiing. For the passive skidding-turn models, even if the rudder angle was applied to the top-lifted side, a turn could be achieved. Moreover, the direction of the turns of the skidding-turn model of inward lean with inner rotation of the hip joints corresponded overall to the direction of the steering of a ship.

研究分野：身体教育学

キーワード：スキー 受動型 能動型 ターンモデル

1. 研究開始当初の背景

スキークのターンは、カービングターンと横ずれターンの2種類に分類することができる。またスキークのターンモデルは、能動型(アクティブ)と受動型(パッシブ)の2種類に分類することができる。

我々は、ターンにおけるスキークの主要な動作を明らかにするために、スキーク動作を機構学的に捉え、数多くのスキークのターンモデルを開発した。これらのターンモデルでは、特定の関節をアクチュエータにより能動的に動作させ、スキークのターンを再現することにより、スキークの動作要素を明らかにしてきた。ここで言う能動型のターンモデルとは、アクチュエータを使ったターンモデルであり、スキークでは筋力を積極的に使う「力の入れどころ」に対応している。

我々は能動型のターンモデルに加えて受動型ターンモデルの開発も行ってきた。受動型のターンモデルとは、アクチュエータを使わないで重力や慣性力を利用したターンモデルであり、斜面上でターンの切り換え時に受動的(自動的)にターンモデルが谷側に傾き、エッジの切り換えが行われる。これらのターンのための動作要領は、スキーク学習における「力の抜きどころ」であり、スキークがターンする際の身体の使い方に重要な手がかりを与えてくれる。

しかし、スキークの受動型の横ずれターンモデルについては、ほとんど研究が行われていない。スキークは斜面上の運動であり、重力や慣性力をうまく利用した受動型ターンモデルの開発は、スキーク上級者が行っているターンにおける「力の抜きどころ」の解明にも繋がる。すでに我々は、カービングスキークを用いて連続かつ自動的にターンができる受動型のカービングターンモデルを開発した。

しかし、受動的(パッシブ)な横ずれターンモデルの開発は、ほとんど行われていなかった。

2. 研究の目的

そこで本研究では、サーボモーターなどの動力を使わず、重力や慣性力を利用した受動型(パッシブ)の横ずれターンモデルを開発する。

筆者はこれまで、サーボモーターなどを利用した能動型(アクティブ)ターンモデルを数多く開発してきた。しかし安全にスピードをコントロールできる横ずれターンは、スキークの初心者や上級者にとっても重要なターン技術であるが、受動型横ずれターンモデルの解明には至っていない。そこで本研究では、横ずれターンができる受動型ターンモデルを開発し、受動型動作を取り入れたスキーク指導へ応用することを目的とした。

具体的には、以下の受動型ターンモデルを開発した。

- (1) 股関節の外転・内転と股関節の内旋による受動型横ずれターンモデル

- (2) 股関節の回旋による受動型ブルークオーゲンモデル
- (3) ストレート内傾と股関節の内旋による受動型横ずれターンモデル

3. 研究の方法

スキークの動作を単純な機構(リンクモデル)としてとらえ、それらの単一もしくは複合動作によりスキークに近似した連続ターンが達成できれば、その動作がスキークの主要な動作であると考えられる。受動型(パッシブ)の横ずれターンモデル連続ターンを行わせるため、それぞれの受動型横ずれターンモデルを、絨毯が敷かれた20°の斜面上で連続ターンさせた。

4. 研究成果

- (1) 受動型ターンモデルの開発 - 股関節の外転・内転と股関節の内旋による複合モデル -

図1のような直方体状の2本のスキークを用い、股関節の外転・内転と両股関節の内旋を複合した四節回転機構のリンクモデルを構成し、受動型ターンモデルが角付けを切り換える様子を示した。左右のスキークをそれぞれ5°内旋したブルークから左右に傾け、角付け角が最大で20°となるように制限した。ここでターンモデルを図1の中央から右側に傾けると両スキークの右側に角付けが生じ(図1の左図)傾いた側のスキークのトップが持ち上がってくる。同様に、図1の中央から左側に傾けると両スキークの左側に角付けが生じ(図1の右図)傾いた側のスキークのトップが持ち上がってくる。

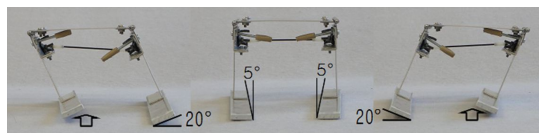


図1 ターンモデルの左右への切り換え

図2のように、股関節の外転・内転と股関節の内旋による受動型横ずれターンモデルを斜面上(斜度20°)で滑らせた。まず受動型横ずれターンモデルを、図2(1)のようにフォールライン方向に対し、斜面を時計回りに+45°の向きにして滑らせる。すると受動型横ずれターンモデルは重力と斜面の垂直抗力との合力と慣性力により自動的に次のターン内側(左側)へ傾き、両スキークの角付けが切り換わる(図2(2))。そして左スキーク(内スキーク)にトップリフトが生じるとともに左スキークの後端が接地して抵抗が増し、ターンが生じた。つまり右スキーク(外スキーク)を船に例えれば、左スキーク(内スキーク)の後端は舵であり、進行方向に対して舵を左に切ったことになり、左スキーク後端の抵抗が増して、トップリフトした側に左ターンが生じた(図2(2)~(4))。

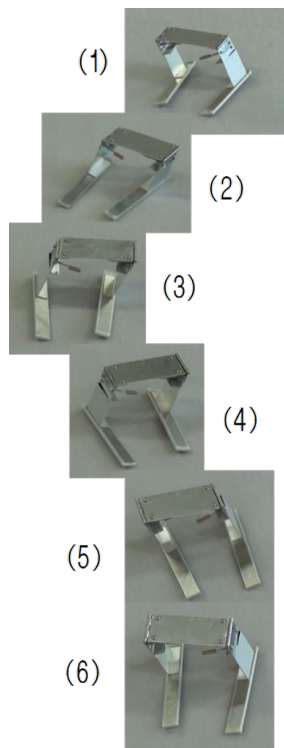


図 2 受動型横ずれターンモデルのターンの様子

次に図 2(4)～(6)のように、受動型横ずれターンモデルは自動的に次のターン内側(右側)に傾き(図 2(5))、両スキーの角付けが左側から右側に切り換わる。そして右スキー(内スキー)のトップリフトが生じ、右スキーの後端が接地する。つまり左スキー(外スキー)に対して右スキー(内スキー)の後端が右に舵を切った状態になり、右スキー(内スキー)後端の抵抗が増して、トップリフトした側に右ターンが生じた。

このようにして股関節の外転・内転と股関節の内旋による受動型横ずれターンモデルは、横ずれを伴って自動的に連続ターンを繰り返すことが確認された。

図 2の横ずれターンモデルの滑りをスキーヤーに当てはめてみれば、プルーク姿勢を保ち、ターンの後半、外力や慣性力を利用して股関節の内転・外転ができるようにスキーヤーの両股関節をリラックスさせておき、自然にスキーヤーが次のターン内側に傾いたところで、ターン内股関節の内転と外股関節の外転を停止(固定)すれば、横ずれによる連続ターンができることを示唆している。

スキー指導やトレーニングにおいて、どの身体部位をどのように能動的に動作させるかは、ある程度、意識的に行うことができる動作である。しかし、スキーターンの切り換え期における受動的な動作は、「力のぬきどころ」であり、スキー指導やトレーニングにおいて、あまり強調されずにきた。本研究による外力や慣性力を利用したエネルギー効率のよい「力の抜きどころ」は、スキー指導

やトレーニングの新しい可能性を示唆するものである。

(清水史郎・土岐仁・野尻奈央子(2012)受動型横ずれターンモデルの開発 - 股関節の外転・内転と股関節の内旋による複合モデル - スキー研究.Vol.9.No.1.pp.29-33.)

(2) 受動型ターンモデルの開発 - 股関節の回旋によるプルークボーゲンモデル - 本研究では、股関節の回旋による受動型横ずれターン機構を開発した。

図 3には、股関節の回旋による受動型横ずれターンモデルを示した。プルーク角は 24° (片側 12°) であり、スキーの角付け角は 25° であった。このターンモデルは股関節の回旋だけが許されるモデルである。

図 3には、股関節の回旋による受動型横ずれターンモデルが角付けを切り換える様子を示した。図 3 中央のプルーク姿勢から、受動型横ずれターンモデルを右側に傾けると右スキーがトップリフトする。次に受動型横ずれターンモデルを左に傾けると左スキーがトップリフトする。なお、受動型横ずれターンモデルが最も傾いた時、外スキーの角付け角が 40° を超えないようにストッパーを取り付けて制限した。



図 3 ターンモデルの左右への切り換え

図 4のように、股関節の回旋による受動型横ずれターンモデルを、斜面上(斜度 20°)で滑らせた。ターンモデルを図 4(1)のように滑らせると、受動型横ずれターンモデルは重力と斜面の垂直抗力との合力と慣性力により自動的にターン内側(左側)へ傾き、外側(右側)のスキーの角付けが強くなり、内スキー(左スキー)にトップリフトが生じるとともに左スキーの後端が接地して抵抗が増し、左ターンが生じた(図 4(2)～(3))。次に図 4(4)～(6)のように、ターンモデルは右側に自動的に傾き、外スキー(左スキー)の角付けが強まり、内スキー(右スキー)のトップリフトにより右ターンが生じた。このようにして横ずれを伴った連続プルークボーゲンを受動的に繰り返し、現実のスキーヤーに似たプルークボーゲンを再現することができた。

図 4の受動型横ずれターンモデルの滑りをスキーヤーに当てはめてみれば、プルーク姿勢を保つ、ターンの後半、スキーヤーは股関節の回旋のみをリラックスさせておき(力の抜きどころ)、スキーヤーが次のターン内側に傾いたところで両股関節の回旋を固定(力の入れどころ)すれば、横ずれに

よる受動型連続プルークボーゲンができることを示唆している。

股関節の回旋は、スキーの基本姿勢と基礎回転技術の主要な動作要素であるが、さらに受動型の横ずれプルークボーゲンにおいても動作要素になっていた。本研究のような斜面上で外力や慣性力を利用したエネルギー効率のよい動作要素の解明は、スキー指導やトレーニングにおいてリラックスを伴った力の「抜きどころ」として応用されることが期待される。

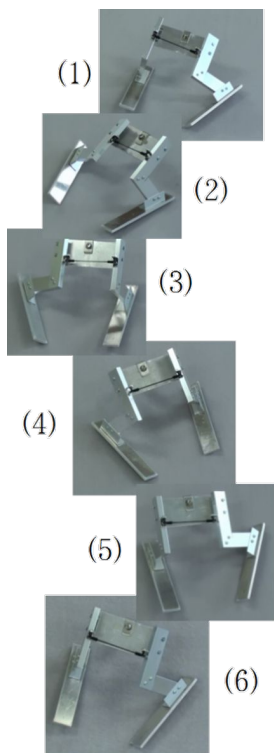


図 4 受動型横ずれターンモデルのターンの様子

(清水史郎・土岐仁・山根真紀・野尻奈央子, 受動型横ずれターンモデルの開発 - 股関節の回旋によるプルークボーゲン -, スキー研究, Vol.10.No.1.2013.pp.13-18.)

(3) 受動型ターンモデルの開発 - ストレート内傾と股関節の内旋による複合モデル -

図5には、受動型ターンモデルが左右に角付けを切り換える様子を示した。まず図5の中央のプルーク姿勢から、ターンモデルを右に傾けると左スキーの内エッジ全体は角付けられ、右スキーにはトップリフトが生じて外エッジの後端は床面と接した。このターンモデルが最も傾いた時、外スキーの角付けが30°を超えないようにストッパーを取り付けた。同様に、図5の中央のプルーク姿勢から、ターンモデルを左に傾けると右スキーの内エッジ全体は角付けられ、左スキーにはトップリフトが生じて外エッジの後端は床面

と接した。



図 5 ターンモデルの左右への切り換え

そして図6のように、受動型ターンモデルを、絨毯を敷き詰めた斜面上(斜度20°)で連続ターンさせた。まずターンモデルを図6(1)のように、滑らせると、ターンモデルはプルークを保ち、外スキーの内エッジは角付けされ、内スキーはトップリフトしているので左ターンが生じた(図6(1)~(3))。その後、ターンモデルは、自動的にターン内側(右側)へ傾き(図6(4))、ターン外側(左側)のスキーの角付けが強くなり、内スキー(右スキー)にトップリフトが生じて右ターンが生じた(図6(4)~(6))。このように受動型ターンモデルは、連続して横ずれターンを繰り返した。

スキーヤーに当てはめてみれば、ストレート内傾姿勢の左右への切り換えだけでは横ずれターンは生じないが、プルークを保ったままストレート内傾することで、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できること示している。さらにターン外股関節の内旋を強めれば強めるほど、プルーク角は大きく、内スキーのトップリフトも大きくなり、横ずれの程度も大きくなることが考えられる。

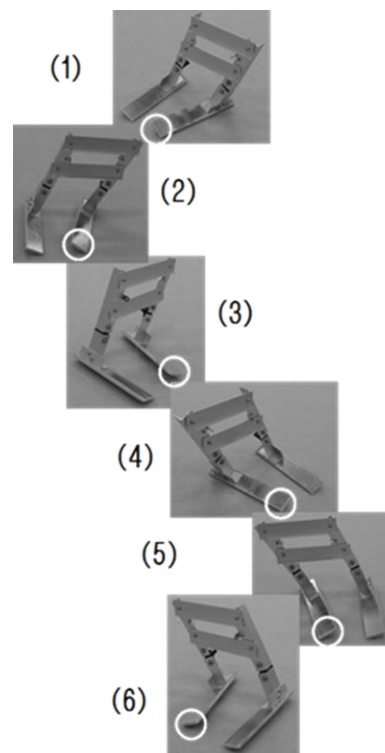


図 6 受動型横ずれターンモデルのターンの様子

ストレート内傾と股関節の内旋によるターンモデルの連続ターンをスキーヤーに応用すれば、スキーをプルークに保つ、ターンの後半、外力や慣性力を利用してスキーヤーは、ターンの内側にストレート内傾し(力のぬきどころ)スキーヤーが次のターン内側に傾いたところで角付けを保ち続けられ(力のいれどころ)ストレート内傾と股関節の内旋による連続横ずれターンができることを示唆している。

カービングスキーが登場する以前から、スキーヤーはスキーの横ずれの程度をコントロールしながらターンを行ってきたと考えられる。本研究の(1)ストレート内傾と股関節の内旋による複合モデル、(2)股関節の外転・内転と股関節の内旋による複合モデル、(3)股関節の回旋によるプルークボーゲンモデルの3つの受動型横ずれターンモデルの受動型の横ずれターンモデルは、受動的に横ずれターンすることができたが、能動的にも同じ動作で横ずれターンすることが可能である。スキーの未熟練者にとっては、ターン全体が「力の入れどころ」であるが、スキーの上級者にとってはターンとターンの切り換え時に、うまく「力の抜きどころ」を使っていると考えられる。

しかし、本研究では横ずれターンを行わせるため、剛体スキーモデルを使用したので、現実のスキーヤーの動作にすべてを適用するには限界がある。

(清水史郎・土岐仁・山根真紀・坂谷充・野尻奈央子(2014)受動型横ずれターンモデルの開発 - ストレート内傾と股関節の回旋による複合モデル - ,スキー研究,Vol.11.No.1, pp.13-18.)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計3件)

清水史郎・土岐仁・野尻奈央子、受動型横ずれターンモデルの開発 - 股関節の外転・内転と股関節の内旋による複合モデル - ,スキー研究,査読有,Vol.9.No.1, 2012, pp.29-33.

清水史郎・土岐仁・山根真紀・野尻奈央子、受動型横ずれターンモデルの開発 - 股関節の回旋によるプルークボーゲン - ,スキー研究,査読有,Vol.10, No.1, 2013, pp.13-18.

清水史郎・土岐仁・山根真紀・坂谷充・野尻奈央子、受動型横ずれターンモデルの開発 - ストレート内傾と股関節の回旋による複合モデル - ,スキー研究,査読有, Vo.11.No.1, 2014, pp.13-18.

[学会発表](計3件)

清水史郎・土岐仁・野尻奈央子、受動型横ずれターンモデルの開発 - 股関節の外転・内転と股関節の内旋による複合モデル - ,日本スキー学会第21回大会(2011年2月)

清水史郎・土岐仁・山根真紀・野尻奈央子、受動型横ずれターンモデルの開発 - 股関節の回旋によるプルークボーゲン - ,日本スキー学会第22回大会(2012年3月)

清水史郎・土岐仁・山根真紀・坂谷充・野尻奈央子、受動型横ずれターンモデルの開発 - ストレート内傾と股関節の回旋による複合モデル - ,日本スキー学会第22回大会(2014年3月)

[図書](計0件)

[産業財産権]

出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

清水 史郎 (SHIMIZU, Shiro)
びわこ成蹊スポーツ大学・特別招聘教授
研究者番号: 30312268

(2) 研究分担者

土岐 仁 (DOKI, Hitoshi)
秋田大学・教授
研究者番号: 80134055

(3) 連携研究者

山根 真紀 (YAMANE, Maki)
至学館大学短期大学部・准教授

野尻 奈央子 (NOJIRI Naoko)
福井工業大学・講師

坂谷 充 (SAKATANI, Mituru)
びわこ成蹊スポーツ大学・助手