重心高さ可変機構を有するパッシブターン型スキーロボットによる ターンの制御

Control of a passive turn type skiing robot
with variable height mechanism of gravitational center

○非 古川 良裕 (秋田県立大) 非 石崎 圭介 (秋田県立大)
正 嵯峨 宣彦 (秋田県立大) 正 齋藤 直樹 (秋田県立大)

Yoshihiro FURUKAWA, Akita Prefectural University
Keisuke ISHIZAKI, Akita Prefectural University
Norihiro SAGA, Akita Prefectural University
Naoki SAITO, Akita Prefectural University

The Alpine skiing is achieved the fast turn by a change in height of gravitational center, the shape of skiing and the bend of the skier. Therefore, the passive turn type skiing robot with a variable height mechanism of gravitational center is developed. The influences on the skiing turn such as the position of gravitational center are examined by using this robot. In this paper, it reports on their experimental results.

Key Words: Skiing Robot, Skiing Turn, Variable Mechanism

1. 緒言

現在、様々な視点からスキーの研究が行われている。その中で、スキーロボットを用いた滑走実験や、人間のスキーの姿勢の研究もあり、具体的に人間の動作をロボットに行わせているものもいくつか存在する^[1]が、スキーターンに重要である重心高さを変化させるロボットを用いた研究はなされていない。本研究では、スキーロボットの重心高さを変化させ、ターン周期をコントロールできるか考える。

そのため、重心の高さを変化できる機構を加えたパッシブターン型スキーロボットを製作し、滑降中の重心高さの変化により、スキーターンをコントロールできるか検証実験を行う。パッシブターン型スキーロボットとは、重力のみで左右への重心移動が可能のため、複雑な人間動作の中の本質的な動作要素や、その動作要素のターンへの影響を調べることに最適である。

2. スキーにおける定義

雪面に対してスキー板を傾けたときターンしやすくなるように、スキー板のサイドラインの形状を曲線にしている。この曲線形状をサイドカーブという。本研究ではロボットにカービングターンを行わせている。カービングターンとは、雪面に対してスキー板を立て、サイドカーブを利用してターンを行う技術である。雪面とスキー板のなす角度をエッジング角度といい、スキーヤが正面でなく横方向にずれながら滑ることを横滑りという。

3. モータのないパッシブターン型スキーロボット

モータのないパッシブターン型スキーロボット(50g)を図1に示す。このロボットは、4本の平行なリンクを用いて、重力のみでスキーターンの左右の重心移動が可能である。重心の高さの違いがターンにどのような影響があるか調べるため、単純に足の長さが違うロボットを滑らせてみた。計測には3台のCCDカメラと3次元動作解析ソフト(ライブラリ: Move-tr/3D)を利用した。斜面の角度は25°、斜面には滑りやすいように毛のある絨毯(910×1820mm)を使った。図2に重心位置の異なるロボットの滑降の軌跡を示す。スキー板のサイドカーブ半径は800mmである。これを見ると、ターンの曲率半径はほぼ同じだが、周期そのものに違いが見

Fig.1 Passive turn type skiing robot without RC Motor (50g)

Fig.2 Trajectories of skiing robot without RC Motor

られた。重心の低いロボットのほうがターンの周期が短くなっている。図中の ψ は、スキー板の方向角度とする。

4. 重心高さ可変機構を有するパッシブターン型スキーロボット

4.1 スキーロボットの設計

モータのないパッシブターン型ロボットの滑降において、重心の低いロボットのほうがターンの周期が短くなった。

このことから、滑降中に重心の高さを変化させればターンをコントロールできるのではないかと考え、パッシブターン型ロボットに足の高さをラジコン操作で変化できる機構を追加したロボットを作ることにした。図3に足の長さを変化できる機構を追加したスキーロボットを示す。

このロボットには、サーボモータ(FUTABA;S3110)バッテリー(FUTABA;NR-4QC)等を搭載するため、不安定になりや

すいと考えた。モータのないスキーロボットの滑降では、足が長すぎると平行四辺形のリンクが切替った後、切替わった方向のスキー板の位置を中心としてロボット全体が横方向に転がる場合がみられた。この場面についての片側のスキー板の位置まわりのモーメントを12個の質点からなるモデルにて計算し、ロボットの足の長ささと幅を決めた。

図4に12個の質点からなるモデルを示す。図4での質点1が右側のスキーの位置であり、回転の中心とする。各質点に重力とリンク切替え後の衝撃力のみが働くと考え、11個の質点に働く力による質点1まわりのモーメントの和を計算したものが図5である。グラフの値が正のとき安定と考える。ロボットの機構上、最小の足の長さは60mmであり、足の伸びる長さは最大20mmである。したがってグラフは、足の長さが60mm, 70mm, 80mmのものである。これを参考にして足の幅を135mmとした。ロボットの最大エッジング角度は、足と絶対水平面の角度を参考にした。足と絶対水平面の間の角度を β として式(1)に示す。

$$\beta = 90 - \alpha + \theta \sin \psi \quad (1)$$

θ はエッジング角度、 α は斜度である。モータのないスキーロボットの計測において、ターンの切替えが発生したときのスキー板の方向角度は約35°、足と絶対水平面の角度は80°から90°までの値をとっていた。斜度は25°でありこの値を用いて式(1)からエッジング角度を算出すると27°から43°までの値をとる。したがって、スキーロボットの最大エッジング角度はこの範囲で選ぶのが適当であるが、ロボットの機構の関係上、エッジング角度を30°以下にする必要があったので、エッジング角度を30°とした。

スキー板は、ロボットが前方向に倒れない程度に、190mmと十分に長くしてある。サイドカーブ半径は連続ターンしやすく400mmのものを選んだ。

4.2 スキーターンの制御実験

斜面の角度は25°、斜面にはポリエステル100%のフェルト材(1900×2500mm)を敷いた。計測システムは、モータのないスキーロボットの滑降と同じである。

まず、滑降開始位置からY軸方向の距離400mmの位置に目印を付ける。この目印は、重心高さを降下させる場所の目安とする。スキーロボットを一番重心の高い姿勢にさせ、図4のようにロボットを傾け、真直ぐな方向を向かせて滑らせる。ロボットが目印の真横付近で重心高さを降下させる。重心高さの操作は、足の高さが60mm, 65mm, 70mmになるように重心を降下させ、ターンの周期を比較する。

図6は重心高さを変化できるスキーロボットのターンの軌跡である。ひし形のプロット点は、図中のA付近で足の高さを60mm、三角は65mm、丸は70mmに重心を降下させている。図のBの部分のスキーターンのトップ部という。1回目のトップ部から2回目のトップ部までのY軸方向の距離は、重心高さを小さくしたターンほど短くなった。そのときの経過時間も同じように、より足の高さを降下させたターンほど短かった。

5. 考察

等しいサイドカーブの半径のスキー板を用いたターンでは、板が撓む等の要因がない限り、ターンの曲率半径が等しくなるとされている。実験においてターンの曲率半径に多少違いが見られた。横滑りなどが考えられるが、今回使用したスキーロボットの重心を一番低くした状態を保持させたまま、同じ条件で何回か滑降させてみた。このターン

の曲率半径を算出した結果、曲率半径の差が大きいもので約70mmであった。同じ条件でも約70mmの変化は場があると考えると、同じ曲率半径で滑降していると思われる。

6. 結論

重心の位置が低いスキーロボットではターンの周期が短くなり、重心の位置が高いロボットでは長くなった。また、滑降中の重心高さを操作では、ターンの曲率半径はそのまま、ターンの周期を変化させることができた。今後は、スキーのターンの重要な要素の一つであるスキー板の撓みを操作することで、ターンをよりコントロールしていく。

Fig.3 Passive turn type skiing robot with RC Motor (249g)

Fig.4 A model with 12 mass points

Fig.5 Rotation moment of the model with 12 mass points

Fig.6 Trajectories of turn of skiing robot with RC Motor

文 献

- [1] 米山 猛・香川 博之：スキーロボットターンの作用力
機論(C編), 64-623, pp.2369-2374(1999)