

J1020103

内傾角速度を向上するスキーブーツ用フットベッドの設計

鈴木 聡一朗^{*1}, 石橋 怜^{*2}, 田口 大智^{*2}, 星野 洋平^{*1}

Design of a Foot Bed for Ski Boots which Improves the Angular Velocities of Lean Motion

Soichiroh SUZUKI^{*1}, Rei ISHIBASHI, Daichi TAGUCHI and Yohei HOSHINO^{*1} Faculty of Engineering, Kitami Institute of Technology,
165banchi, Kouen-cho, Kitami-shi, Hokkaido, 090-8507 Japan

This study investigates a design of a new foot bed for ski boots which can improve the angular velocities of lean motion of skier to decrease the time of alpine ski races for all of the alpine skiers. The subject is the five top level alpine-skier in Japan, and the experiments are carried out by using a ski simulator "Skytec". The foot pressure distribution and the angular velocity during lean motion are measured by using the "Pedar"(foot pressure distribution sensor) and a gyro sensor. Also this study measures the downhill time in the field test. The experimental results revealed that the movement of the center of plantar pressure distribution in the horizontal direction and the position of the foot pressure at the beginning of turn affect to the angular velocity of lean motion. In addition, this study shows that competition results are improved effectively by attaching the proposed parts to the front of the foot bed bottom.

Key Words : Alpine Ski, Ski Boots, Foot Bed, Skytec, Foot Pressure Distribution

1. 結 論

本研究室では、日本人アルペンスキー選手の競技力向上を目的とし、滑降タイムが短縮可能なスキーブーツの設計や技術論の研究を行ってきた⁽¹⁾⁻⁽²⁾。これまでに、スキーシミュレータを用いた室内実験、並びに RSV (Roller Ski Variable) による夏季屋外での滑降実験で正三角形断面の軸状パーツをフットベッド底面に装着し、フットベッドのローリングを容易にできるようにすることで、選手のターン中の内傾角速度が向上し、滑降タイムの短縮に有効であることを示した。しかし、雪上滑降においては内傾角速度が向上したにも関わらず、滑降タイムが必ずしも短縮されないことがある。そこで本報では、雪上滑降での滑降タイムの短縮を目的として、ターン動作時の荷重中心の移動に着目し、内傾角速度を向上する雪上でも有効なフットベッドの設計について実験的に検討する。

2. フットベッド形状の検討

2・1 軸状パーツによる効果

3次元剛体運動シミュレーションツールである ODE(Open Dynamic Engine)を用いて、図1に示すスキーヤーの簡略化モデル(図1(a))を構築し、軸状パーツを装着したフットベッド形状(図1(b))が内傾角速度に及ぼす力学的要因を調べた。その結果図2に示す、シミュレーション結果よりパーツ未装着の0mmの場合と比較して、フットベッド底面に軸状パーツを装着した場合、フットベッドがブーツ内でロールすることで、足部の内反が大きくなり、内傾角速度が向上することが示された。この結果について検証実験を行い、フットベッド底部の全面に正三角形断面の軸状パーツを装着する形状が内傾角速度を向上させ、滑降タイム短縮に有効であることを示した。

^{*1} 正員, 北見工業大学 (〒090-8507 北海道北見市公園町 165)

^{*2} 学生員, 北見工業大学 大学院工学研究科
E-mail: zuki@mail.kitami-it.ac.jp

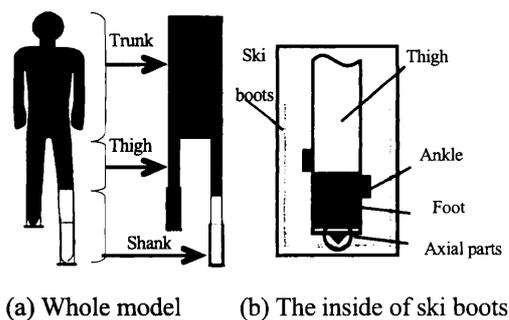


Fig.1 Simplified rigid model of a skier

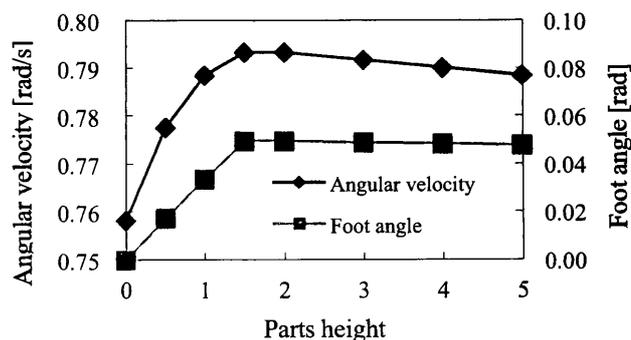


Fig.2 Relationship between parts height, angular velocity and foot angle

2・2 パーツ装着位置の検討

雪上実験を行った際に一部の被験者において、内傾角速度が向上したものの、滑降タイムが必ずしも短縮されなかった例があった。この要因として、通常ターン後半に荷重が集中する踵付近にパーツを装着すると、雪面の凹凸の影響を受けやすくなり、ターンの安定性が失われ、その結果、滑降タイムの悪化につながったと予想される。以上の事から本報では、前部のみに装着するフットベッド形状を検討する。はじめに、図 3(a)~(c)に示す 3 種類のフットベッド形状が内傾動作に与える影響について実験的に検討する。比較する形状は、図 3 (a)何も加工を施さないノーマルフットベッド、(b) 前部のみにパーツを装着するフットベッド、(c) 従来の全面にパーツを装着するフットベッドの 3 種類とする。いずれも脱着を容易にするため 0.5 mm 厚のプレート上に斜辺 1 mm の正三角形断面の軸状パーツ(図 3(d))を接着した。

3. 室内実験

3・1 実験方法

パーツ装着位置の違いによる内傾動作への影響を明らかにするため、国内トップレベルのアルペンスキー選手 5 名を被験者とし、スキーシミュレータである「Skytec」(図 4)を用いて室内実験を行う。この実験ではシミュレータ上で雪上滑降時の動作を模擬し、3 種類のフットベッドでターン時の荷重中心の移動軌跡ならびに内傾角速度の計測を行う。

3・2 実験結果

前部のみにパーツを装着した条件(図 3(b))とノーマル(図 3(a))を比較すると、パーツ装着時は 5 名中 4 名の被験者で内傾角速度が向上する結果が得られた。この時、最も競技レベルの高い被験者で計測したターン動作時の荷重中心の左右方向移動量並びに内傾角速度を表 1 に示す。これは、足底圧分布計測システム「Pedar」を用いて計測された荷重中心の座標位置の左右方向成分を足幅で除した割合を示しており、拇指球側を 0%，小指球側を 100%で表している。この結果、ノーマルのターン開始時の荷重中心位置は拇指球側から 79.8%，前部にパーツを装着した場合は 56%となり、ノーマルに比べ荷重中心位置が約 20%拇指球側にあることがわかる。また、ターン開始からターンマキシマムまでの左右方向の移動量が、ノーマルでは 79.8%から 67.5%と約 13%拇指球側に移動したのに対し、前部パーツでは、56%から 55.1%と約 1%のみ拇指球側に移動する結果となった。さらに、前部パーツと全面パーツで比較すると、ターン開始からマキシマムまで荷重中心の左右方向成分の移動量に大きな差がない事が明らかとなった。これらのことから、フットベッド形状によって内傾角速度が変化する要因として、ターン開始時の荷重中心位置、左右方向の移動量が関係すると考えられる。また、前部パーツと全面パーツでは、ターン中の荷重中心が同じ動きを行うことから、中・後部パーツを取り除くことによる内傾動作への影響はなく、前部パーツのみにおいても内傾角速度向上に有効であると言える。

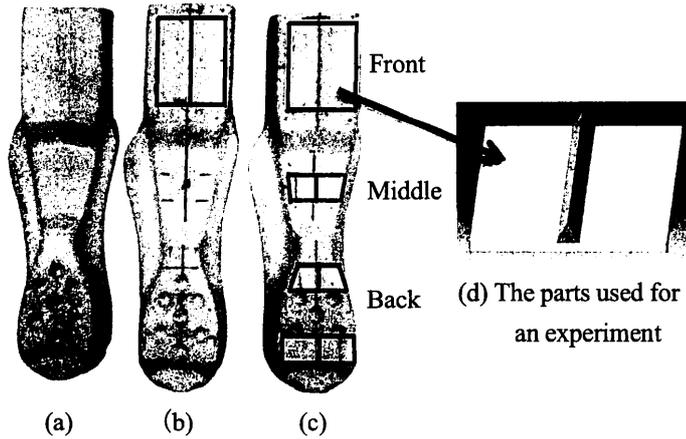


Fig.3 Experiment condition of foot bed



Fig.4 Ski simulator "Skytec"

Table1 Experimental results of sole pressure and angular velocity in Skytec

Type of foot bed	Turn phase			Angular velocity [deg/s]
	Start [%]	Maximum [%]	End [%]	
(a)	79.8	67.5	85.5	109.4
(b)	56.0	55.1	65.0	112.5
(c)	59.1	54.6	61.0	111.4

4. RSV 滑降実験

室内実験で効果が示された前部パーツが、滑降タイム短縮に有効であるか検証する。屋外において夏季のスキートレーニング用具であるRSV (Roller Ski Variable) (図5)を用いて、アスファルト路面で制限滑降を行い、滑降タイムを計測する。被験者は室内実験と同様とし、ノーマル・前部パーツの2種類の条件で実験を行う。図6は、各被験者におけるノーマル(図3(a))のタイムを基準とした前部パーツのタイム変化率として表す。結果から、前部にパーツを装着することで、5名中3名の被験者の滑降タイムが短縮した。以上から、前部にパーツを装着するフットベッド形状が、ターン動作中の内傾角速度を向上させ、滑降タイム短縮に有効であると考えられる。



Fig.5 RSV (Roller Ski Variable)

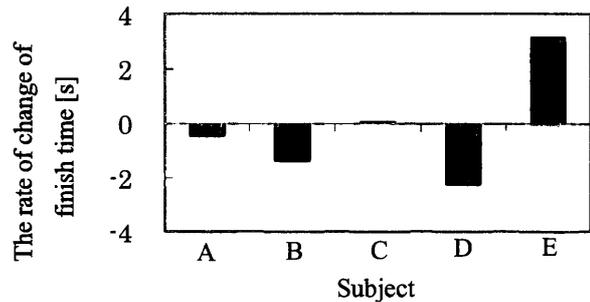


Fig.6 The rate of change of finish time in field test

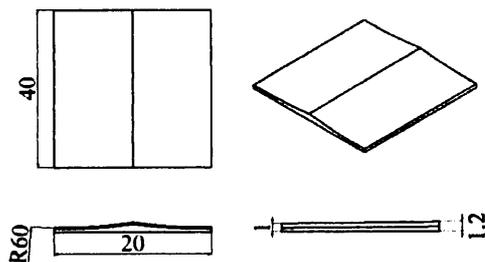


Fig.7 Designed parts for improving the angular velocity

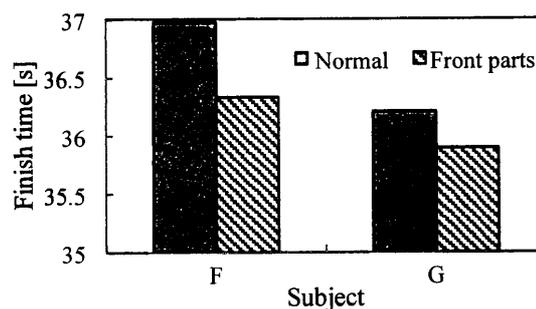


Fig.8 Experimental results of field test

5. パーツの詳細設計

ここまで、室内実験ならびに RSV 滑降実験では、フットベッドの前部だけにパーツを装着する形状が競技力向上に有効であることを示した。しかし、雪上滑降ではターン動作時に大きな荷重が発生することが予測されるため、前部パーツの装着により、フットベッドに変形が生じてしまう可能性がある。また、フットベッドの製造上の誤差のため、パーツを装着した際に、パーツとブーツ底面が干渉してしまい、完全にロールが行えない問題がある。この問題を解決するために、図7に示すパーツ形状を考案した。高さをパーツ後部にかけて、低くなるよう縦断面にテーパをつける事でフットベッドの変形を抑える形状にした。さらに、横断面に曲率をもたせる事で、ロール時にパーツとブーツ底面が干渉しない設計とした。

6. 雪上滑降実験

新たに設計したパーツの有効性を検証するため、雪上で大回転の制限滑降を行い、滑降タイムを計測する。被験者は、スキルレベルの異なるアルペンスキー選手2名で実験を行う。計測した結果を図8に示す。設計したパーツとノーマルの滑降タイムを比較すると、両被験者とも滑降タイムが、約0.8~1.6%短縮されることが示された。このことから雪上滑降において、提案するフットベッド形状は競技成績向上に有効であることが示された。

7. 結 論

本研究では、スキーヤーの内傾角速度を向上し、雪上滑降において滑降タイムを短縮できるフットベッド形状の設計を検討した。はじめに、内傾角速度を変化させる要因として荷重中心の左右方向の移動量、ターン開始時の荷重中心位置が関係することを明らかにした。さらに、断面に曲率を持ち、パーツ後部にかけてテーパを施したパーツをフットベッド底面の前部に装着することで、ターン動作中の内傾角速度を向上させ、雪上での滑降タイム短縮に有効なことを示した。

謝 辞

本研究は、科学研究費補助金(課題番号:26420191)の助成を受けて実施された。ここに謝意を表します。

参考文献

- (1) 鈴木聡一郎, 林末義, 柴又勇, “日本人アルペンスキー選手に適した下肢骨格に基づくスキーブーツ設計”, スポーツ産業学研究, Vol. 1, No. 20 (2010), pp. 9-18.
- (2) 古賀歩, 鈴木聡一郎, 林末義, “アルペンスキー競技における関節粘弾性に着目したターン技術のスキル解析”, バイオメカニズム学術講演会. 35, (2014), pp.179-182.