

# 613 ターン中の荷重移動を適正化するスキーブーツのフットベッド設計

## Design of a foot bed of a ski boot for optimizing weight shift of a skier in turn motion

○学 鈴木 智貴 (北見工大院) 正 鈴木 聡一郎 (北見工大) 正 星野 洋平 (北見工大)

Tomotaka SUZUKI, Kitami Institute of Technology, 165banchi, kouen-cho, Kitamisi, 090-8507, okkaido

Soichiro SUZUKI, Kitami Institute of Technology

Yohei HOSHINO, Kitami Institute of Technology

**Key Words:** Ski Boots, Foot bed, Load movement, weight shift, Elevation angle

### 1. 結 論

本研究では、日本人アルペンスキー選手の競技力向上を目標に、滑降タイムを短縮するスキーブーツ設計や世界トップレベルのスキルに関する検討を行ってきた<sup>(1)(2)</sup>。これまでに、スキーブーツ内部に挿入されるフットベッドの底面に軸状パーツを装着することで、ターン時のスキーヤーの内傾角度が向上し、滑降タイム短縮に有効であることを、スキーシミュレータ「Skytech」を用いた室内実験及び、夏季のスキートレーニング用具であるRSV(Roller Ski Variable)を用いた屋外実験で検証した<sup>(3)</sup>。本報では、滑降タイムの短縮を目的として、内傾角度の向上が可能なターン中の荷重移動に着目し、ブーツ底部で計測した荷重移動軌跡を適正化するスキーブーツのフットベッドの設計について検討する。

### 2. フットベッドの調整

フットベッドの高さと仰角の違いがスキー選手の荷重移動に及ぼす影響を実験的に検討する。選手毎に適切なフットベッドの高さと仰角があると仮定し、フットベッドの高さと仰角を調整し、滑降タイムと荷重中心の移動軌跡を計測する。

仰角調整と高さ調整にはフットベッド底面に縦横20 mm、厚さ1.2 mmおよび2.0 mmに設定したアクリル板を図1に示すようにフットベッド前部、後部に装着し、フットベッドの仰角調整と高さ調整を行う。表1に示すように、高さならびに仰角を調整した9種類のフットベッドを用いて、スキーシミュレータを用いた室内実験と、RSVを用いた屋外実験で計測する。これまでの研究成果から、スキーシミュレータ「Skytech」で計測される内傾角度と雪上滑降タイム、ならびにRSVの滑降タイムと雪上滑降タイムに強い相関関係が示されている。

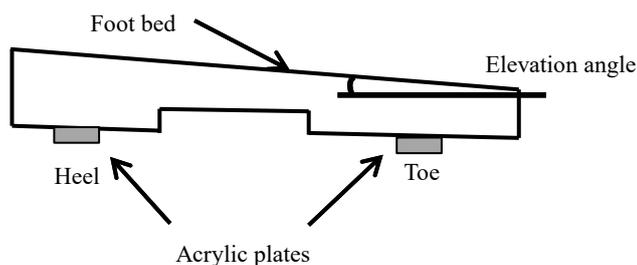


Fig. 1 Setting of a foot bed

Table 1 Height of parts and angle of foot bed

Setting	Front [mm]	Back [mm]	Angle [deg]
①	0.0	0.0	2.4
②	1.2	0.0	1.9
③	0.0	1.2	3.0
④	2.0	0.0	1.6
⑤	0.0	2.0	3.2
⑥	2.0	1.2	2.0
⑦	1.2	2.0	2.7
⑧	1.2	1.2	2.4
⑨	2.0	2.0	2.4

### 3. 室内実験

#### 3.1 実験方法

板状パーツによるフットベッドの仰角調整が、ターン中の内傾動作に与える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8名を被験者とし、「Skytech」スキーシミュレータを用いて室内実験を行う。シミュレータ上で雪上フリー滑降を行い、9種類の仰角調整と高さ調整を施したフットベッドを用いて、ターン中の荷重中心の移動軌跡並びに内傾角度を計測した。

#### 3.2 実験結果

表1の設定①は板状パーツを装着しないノーマルのフットベッドを示す。パーツを装着した設定と何も調整を施さないノーマルを比較すると、仰角調整を施した場合、被験者ごとにターン動作中の最大内傾角度が変化することが示された。被験者8名の内傾角度の最大値と最小値を用いて、内傾角度の増加率を算出した結果を図2に示す。この結果、フットベッドの設定により内傾角度が最大14%向上することが示された。

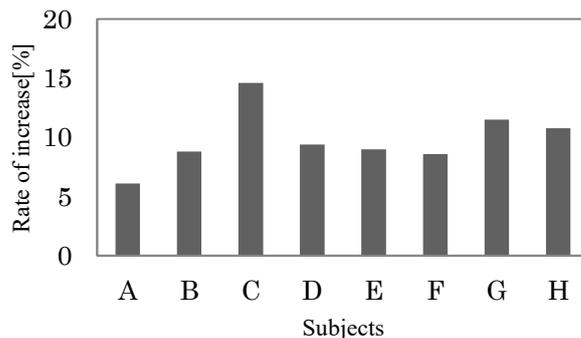


Fig. 2 Rate of increase of lean angle of ski athletes

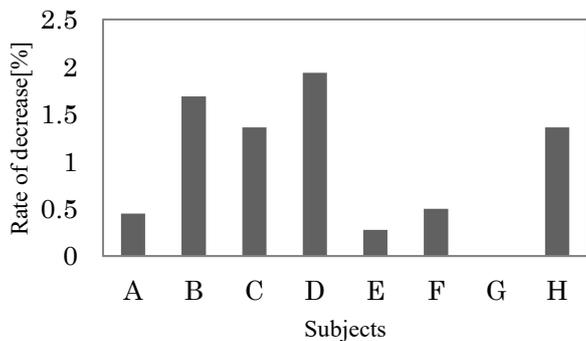


Fig. 3 Rate of decrease of the finishing time of ski athletes

#### 4. 屋外 RSV 滑降実験

室内実験で内傾角度を最大化した設定が、滑降タイム短縮に有効であるか検証するため、最大および最小内傾角度を示した設定のフットベッドを用いて、夏季スキートレーニング用具である RSV (Roller Ski Variable) を使用し、室内実験と同じ 8 名の被験者の滑降タイムを計測し、足底圧計測装置「Pedar」で滑降中の足底圧変化を同時に計測する。最小内傾角度のフットベッド設定に対する最大内傾角度設定による滑降タイムの短縮率を図 3 に示す。この結果、8 名中 7 名の被験者が滑降タイムを短縮し、4 名の選手は 1% 以上の大幅なタイム短縮の効果が認められた。以上のことから、フットベッドに仰角調整または高さ調整を施すことは滑降タイム短縮に有効であると言える。

#### 5. 荷重移動の適正化評価手法

屋外実験で計測した足底圧変化からフットベッドの設定ごとに 5 ターン分の荷重中心の移動軌跡を求めた。例として図 4 に 1 名の 1 ターンの荷重中心の移動軌跡を示す。ターン中の荷重中心の移動量を内傾角度が最大値と最小値を示した設定ごとに比較したものを表 2 に示す。それぞれのフットベッドの設定を比較すると、4 名中 3 名の荷重中心の移動距離が減少し、最大で約 50% の移動距離の変化が見られた。このことから、荷重中心の総移動距離が少ないほど滑降タイム短縮に有効であることが明らかになった。RSV 滑降での荷重中心の移動量の y 方向成分に対する x 方向成分の比率に

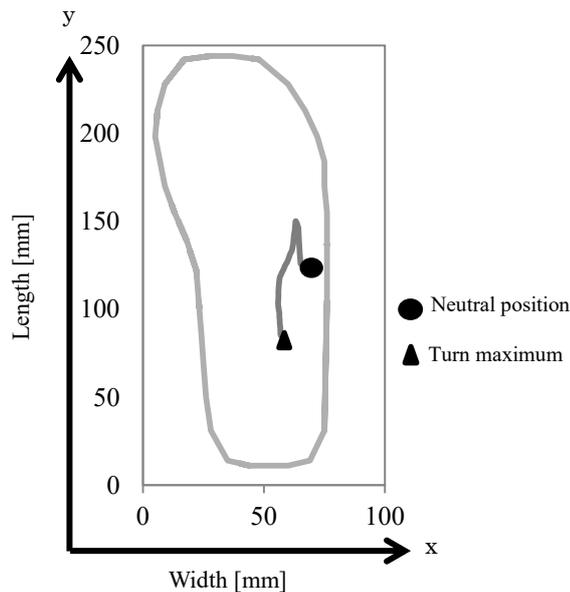


Fig.4 Trajectories of the load center

Table 2 Moving distance of load center

Subject	Moving distance [mm]	
	Maximum setting	Minimum Setting
A	1048.1	2321.7
B	953.1	642.4
C	386.1	890.7
D	976.2	1659.3

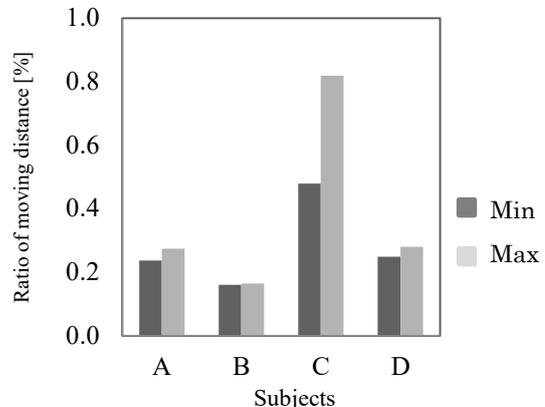


Fig. 5 The ratio of moving distance of x direction to y direction

ついて、最大と最小値となった 2 種類のフットベッド設定で比較したものを図 5 に示す。この結果、内傾角度が最大となる設定の方が最小となる設定に比べ、y 方向成分に対して x 方向成分の移動比率が大きくなる傾向が認められた。ターン中の内傾角度が最大になる場合は、前方向よりも横方向に大きく運動したためと推測できる。このことから、荷重中心の移動軌跡が横に長く、縦に短い形状になれば滑降タイムが短縮される可能性がある。

#### 6. 結 論

本研究では、滑降タイムの短縮を目的として、内傾角度が向上するターン中の荷重移動に着目し、荷重移動を適正化するスキーブーツのフットベッドの設計について検討した。その結果、選手ごとに適切な仰角と高さ設定があることを示し、フットベッドの調整が内傾角度の向上と滑降タイムの短縮に有効であることを明らかにした。また、選手毎のフットベッド設定により荷重移動を適正化することが可能であることを示した。

#### 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) S.Suzuki, S.Hayashi : Design of ski boots for alpine ski racing based on leg flame of the skier, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing Vol. 3, No. 3, 245-256 (2009)
- (2) 鈴木聡一郎, 田口大智, 石橋怜, 星野洋平, “関節の粘弾性特性に着目したアルペンスキー選手のスキル解析”, 日本機械学会 2015 年度年次大会講演論文集(2015), No. 15-1
- (3) 鈴木聡一郎, 石橋怜, 田口大智, 星野洋平, “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”, 日本機械学会 2015 年度年次大会講演論文集(2015), No. 15-1