

平成30年6月10日現在

機関番号：11401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01547

研究課題名(和文)実滑走運動解析とシミュレーションを用いたスノーボード・ジャンプのメカニズム解明

研究課題名(英文)Clarification of the mechanism of snowboard jump using actual glide motion analysis and simulation

研究代表者

土岐 仁 (DOKI, Hitoshi)

秋田大学・名誉教授・名誉教授

研究者番号：80134055

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では実滑走におけるスノーボード・ジャンプのメカニズムを解明するため、慣性センサ・地磁気センサを搭載した運動計測システムと6軸力センサを搭載した雪面反力計測システムを開発した。これらの計測システムを用いてスノーボーダーの運動計測と動力学解析を行い、オーリー動作のメカニズムやスノーボーダーが発揮している操作力及び姿勢について明らかにした。さらには異なるスキル(初級者と上級者)のスノーボーダーのジャンプ時の頭部姿勢を推定することにより、安全なジャンプを行うための効率的な練習法の構築が期待できるとともに、ジャンプのシミュレーションモデルを開発するための重要な知見を得た。

研究成果の概要(英文)：In order to elucidate the mechanism of snowboard jump, we developed a motion measurement system equipped with inertial and magnetic field sensors and a measurement system of reaction force from snow surface installing the 6-axis force sensors. The mechanism of Ollie motion, the applied force, and posture of snowboarder in snowboard jump are clarified by the motion measurement and kinetics analysis of snowboarder using these measurement systems. By estimating the posture of the head during jumping through measurement experiments with snowboarders of different skills, an efficient practice method for safe jumping can be expected. Furthermore, an important knowledge for developing a simulation model of snowboard jump was obtained.

研究分野：スポーツ工学

キーワード：スノーボード ジャンプ オーリー 慣性センサ 雪面反力 関節トルク

1. 研究開始当初の背景

スノーボードは、1本の板を用いて滑走を行うスポーツであり、スキーとは異なり左右非対称の滑走フォームであるため、スノーボードにおける運動のメカニズムはスキーとは大きく異なる。また、ターンだけでなく初級、中級者レベルの段階において常設されたジャンプ台を用いたジャンプ等を自由に行うスノーボーダーも非常に多い。スノーボード・ジャンプの着地において危険なテール着地にならず、安全にジャンプを行うための技術としてオーリーが使用されるが、オーリーのメカニズムは解明されていないため、オーリーが適切に使用できているかどうかを判断するための指導要領が不十分であり、指導者やハイスキルスノーボーダーの判断に依存しているため、指導方法を構築するための情報の取得および分析が必要不可欠である。これまでに、スノーボードに関する研究は、主にターンのメカニズムを解明することを目的として、スノーボードロボットの開発やスノーボード・ターンのシミュレーション等、様々な研究が行われており、これまでに本研究代表者らも非常に計測が難しい実滑走におけるスノーボード・ターンの運動計測・解析を行っている。しかし、スノーボード・ジャンプに関する研究は非常に少なく、オーリーについて着目した研究は行われていない。また、スノーボード・ジャンプにおける運動計測・解析では、屋外で広範囲かつ他のスポーツと比べてスノーボーダーは高い位置までジャンプするため、スポーツの運動計測に主に用いられているモーションキャプチャーやフォースプレートを利用することは難しいため、ジャンプ中のスノーボーダーの運動を適切に計測・解析するためのシステム開発及びシステムを用いたジャンプのメカニズム解析が必要不可欠である。オーリー技術を含むスノーボード・ジャンプにおける運動の特徴を定量化し、詳細なメカニズム解析を行うことにより、安全にジャンプを行うための指導方法の構築や怪我の予防法の開発への利用が期待される。

2. 研究の目的

本研究では、スノーボード・ジャンプについて、実滑走状態での運動計測・解析を行うことにより、ジャンプにおいて重要な運動の定量化とメカニズム解明を行うものである。特にスノーボード・ジャンプにおいて重要なスキルであるオーリー技術に着目し、まず、実際の雪面上にてオーリーを行った際の操作力(力・モーメント)が計測可能な雪面反力計測システムを開発し、オーリーを行うためにスノーボーダーがどのような操作力を与えているのかを明らかにする。さらにはオーリー動作を行う際の身体運動を計測可能なシステムを開発し、運動学解析を行うことにより、オーリー動作を行うために必要な運動の特徴を定量的に明らかにする。

3. 研究の方法

実滑走におけるスノーボード・ジャンプについて、力センサを搭載した雪面反力計測システムと、運動情報を得るために慣性センサ・地磁気センサを搭載した小型9軸ワイヤレスモーションセンサからなる運動計測システムを用いて計測実験を行い、得られた計測情報を用いて運動学的解析、動力学的解析を行う。なお、本研究では、慣性センサ(ジャイロセンサ)から得られる角速度から姿勢情報を算出した場合はドリフトによる誤差が発生するため、重力加速度と磁場を用いて補正するセンサ・フュージョンを適用することによってドリフト誤差の補正を行った。

4個の小型3軸力センサを用いて6分力を計測できる雪面反力計測システムを図1に、本研究におけるシステムの座標系を図2に示す。



図1 雪面反力計測システム

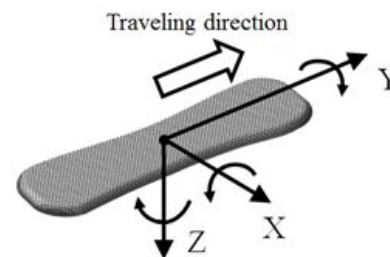


図2 座標系



図3 ジャンプ台の概要

4. 研究成果

(1) 運動計測システムを各身体部位に取り付け、雪面反力計測システムをスノーボード板とビンディングに装着したスノーボーダーによる計測実験を行った。斜面上における計測実験では、若干の助走後に複数回のオーリー動作を行い、ジャンプ台における計測実験では、助走後に図3に示すジャンプ台にお

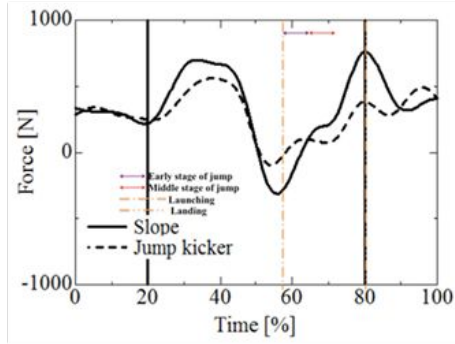


図4 Z軸方向の力(左足)

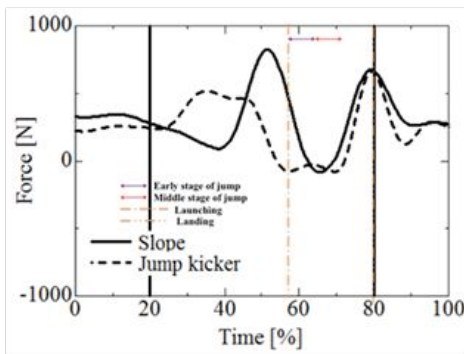


図5 Z軸方向の力(右足)

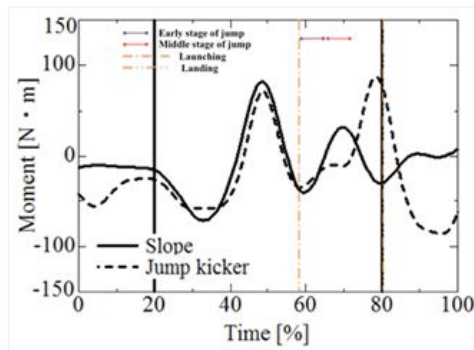


図6 スノーボード全体に関するモーメント(X軸方向)

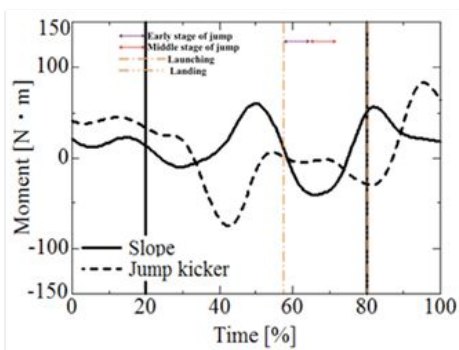


図7 スノーボード全体に関するモーメント(Y軸方向)

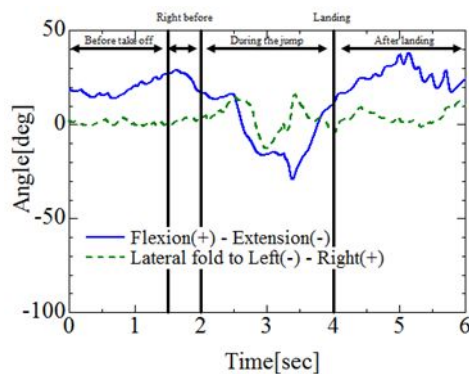
いてオーリーを用いたジャンプを行った。

斜面上とジャンプ台におけるオーリー動作の違いについて明らかにするために、特徴のあるZ軸方向の力を図4,5に、スノーボード全体に関するモーメントに着目した結果を図6,7に示す。これらの結果は比較しやすくするために、時間軸はジャンプ動作開始時を20%、着地時を80%となるように正規化している。

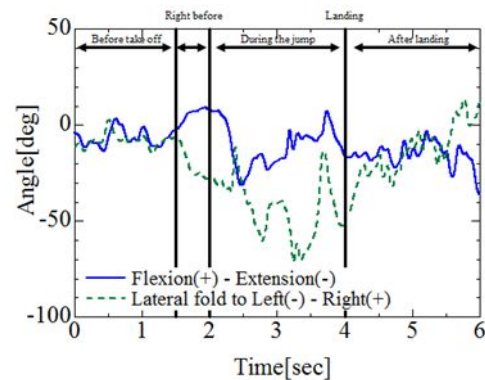
オーリーは緩やかな斜面上では前足に力を溜めてその力を後ろ足へと送り出してテールに発生する反発により高いジャンプを可能とする動作であるが、実際のジャンプ台ではアプローチ斜面に対する斜度が増加することの体軸の変化や速度を有する状態でオーリー動作を短時間で行うためにスキルを必要とする。さらにオーリーを使用することにより空中でのバランスを保持することを可能とし、モーメントを発生させて着地の形状や変化に対応していることが明らかとなった。

(2) オーリーを習得している上級レベルスノーボーダーとオーリーを習得していない中級レベルスノーボーダーによる慣性センサを用いたジャンプの計測実験・運動学的解析を行い、オーリー動作の有無による運動の違いを定量的に明らかにする。

図8より側屈角度について上級者の腰の傾きの変化は小さいが中級者はジャンプ中に姿勢維持が十分に行えず後傾姿勢になって

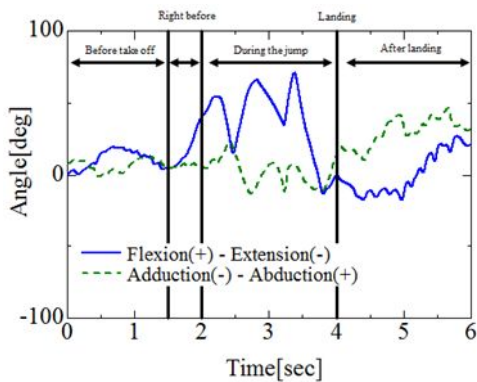


(a) 上級スノーボーダー

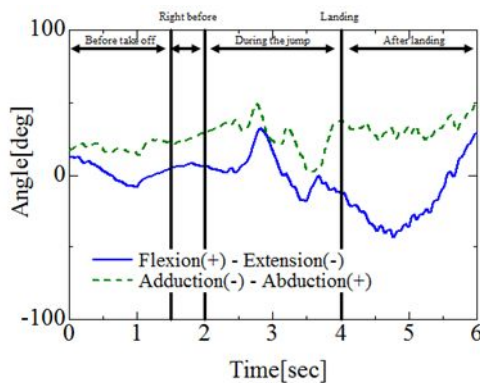


(b) 中級スノーボーダー

図8 腰椎関節角度



(a) 上級スノーボーダー



(b) 中級スノーボーダー

図9 右股関節角度

いる。図9は右股関節角度を示すが上級者は左股関節と同様に踏み切り時に屈曲，踏み切り後に伸展・屈曲というオーリー動作をしており，着地前に伸展運動を行うことによりスムーズな着地を行えるように運動している。中級者は着地後により大きく伸展しているがこれはスノーボード板を引き上げないため高くジャンプできずテール着地後に後傾になっている。

これらの結果は，スノーボード・ジャンプのシミュレーションモデルを開発するための重要な知見である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

伏見知何子，近藤亜希子，千葉遥，廣瀬圭，高橋護，土岐仁，スノーボード・オーリー動作の運動学的解析に関する研究，スキー研究，査読有，15-1，印刷中，2018.

伏見知何子，近藤亜希子，千葉遥，廣瀬圭，高橋護，土岐仁，スノーボードのオーリー動作における力計測・運動解析に関する研究，スキー研究，査読有，14-1，pp.1-8，2017.

〔学会発表〕(計5件)

齊藤亜由子，辻尚史，長谷川涼太，土岐仁，スノーボードジャンプにおける 頭面部

勢推定に関する研究，日本スキー学会第28回大会，2018.

藤本弦，伏見知何子，千葉遥，廣瀬圭，近藤亜希子，土岐仁，スノーボード板にかかるモーメントに着目したオーリー動作の運動解析に関する研究，日本スキー学会第27回大会，2017.

伏見知何子，廣瀬圭，近藤亜希子，千葉遥，土岐仁，スノーボード板のたわみ成分に着目したスノーボード・ジャンプ台におけるオーリー動作の運動解析に関する研究，日本スキー学会2016年度秋季大会，2016.

伏見知何子，廣瀬圭，近藤亜希子，千葉遥，土岐仁，スノーボード・ジャンプ台におけるオーリー動作の実運動計測・解析に関する研究，日本スキー学会第26回大会，2016.

伏見知何子，土岐仁，近藤亜希子，千葉遥，廣瀬圭，慣性・力センサシステムを用いたオーリー動作の運動計測・力学解析に関する研究，日本スキー学会2015年度研究会，2015.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

6. 研究組織

(1) 研究代表者

土岐 仁 (DOKI Hitoshi)

秋田大学・名誉教授

研究者番号：80134055

(2) 研究分担者

近藤 亜希子 (KONDO Akiko)

秋田大学・理工学研究科・助教

研究者番号：00734972

(平成28年度まで)

廣瀬 圭 (HIROSE Kiyoshi)

秋田大学・理工学研究科・講師

研究者番号：50455870

(平成28年度まで)

齊藤 亜由子 (SAITO Ayuko)

秋田工業高等専門学校・その他部局等・

助教

研究者番号：90710715

(平成29年度のみ)