

氏名（本籍）	飯泉 知何子（神奈川県）
専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	工博甲第250号
学位授与の日付	平成30年9月28日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工学資源学研究科 生産・建設工学専攻
学位論文題目（英）	センサシステムを用いたスノーボード動作の計測・解析に関する研究（Studies on measurement and analysis of snowboarding motion using sensor systems）
論文審査委員	（主査）准教授 高橋 護 （副査）教授 神谷 修 （副査）教授 三島 望 （副査）教授 足立 高弘 （副査）秋田大学名誉教授 土岐 仁

## 論文内容の要旨

スノーボードは一枚の板を用いて滑走するスノースポーツであり、滑走フォームも横向きであることから、スキーとは運動のメカニズムは大きく異なる。また、スノーボーダーはアルペン競技の他にハーフパイプやスロープスタイル等の競技があることから、ターン技術だけでなく、ジャンプ技術が非常に重要である。しかし、スノーボード・ジャンプに関する指導環境、指導要領は十分とは言えないため、指導の基礎となるスノーボーダーのスキル評価が難しく、多くのスノーボーダーは独学でジャンプ技術を習得しているのが現状である。これまでのスノーボードに関する研究として、スノーボード・ターンの運動解析に着目した研究が多く行われてきたが、上級スノーボーダーを含むスキルの異なるスノーボーダーによるターンの解析は少なく、さらにスノーボード・ターンの運動解析において重要な要素である力に着目した研究は非常に少ないのが現状である。また、スノーボード・ジャンプに着目した研究はさらに少なく、ジャンプ技術に関する学術的見識が大幅に不足している。そこで、スノーボーダーのスキルに応じた効果的なジャンプに関する指導方法を構築するためには、ジャンプのメカニズムを解明する必要がある。スノーボーダーがジャンプを行うためにどのような操作力を与えているのかを明らかにする必要がある。本論文では、スノースポーツの運動に対応した運動計測システムとして、複数の小型力センサを搭載し、操作力・雪面反力計測システムを開発し、スノーボード・ターンの運動解析として、カービングターンにおける雪面反力の違いやスノーボードのたわみを解析する。さらに、本システムをスノーボード・ジャンプの運動解析に展開し、スノーボード・ジャンプにおいて重要なジ

ジャンプ技術であるオーリーを用いた際の力・モーメントを計測・解析することによって、オーリー動作による操作力を定量的に示す。また、慣性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をスノーボーダーの各身体部位に装着し、オーリー動作を行うスノーボーダーの運動学的解析を行うことにより、オーリー動作を使用することによる運動の特徴を示す。

第1章では、背景および従来の研究について概説し、本研究の目的および意義について述べた。

第2章では、スノーボード・ターンにおける重要な要素である力に着目した運動計測・解析について上級スノーボーダーを含む、異なるスキルを有するスノーボーダーにて行うことにより、カービングターンの際に板にどのような操作を加えているのかを明らかにするために、スノーボードとビンディングの間に複数の小型力センサを搭載した雪面反力計測システムを取り付け、頭部にGPSレシーバを装着したスノーボーダーによる実際の雪面におけるカービングターンの計測実験を行った。雪面反力計測システムには、片足に対して4個、両足にて合計8個の力センサを搭載しており、各足部にかかる6分力を計測することができる。本実験により、スキルの異なる上級・初級スノーボーダーにおける雪面反力の違いやカービングターンを行うために必要な要素である滑走方向に対する前傾姿勢の保持・抜重・スノーボードのたわみを定量的に示すことができ、本システムを用いることによってスノーボーダーのスキル評価を行うことが可能であることを示すことができた。

第3章では、第2章で開発した計測システムを用いたオーリー動作における操作力・雪面反力計測を行った。スノーボードとビンディングの間に雪面反力計測システムを取り付け、上級スノーボーダーによる緩やかな斜面上でオーリーを行った際の力・モーメントを計測して解析を行い、オーリー動作を行う際の力のかけ方やタイミング等、これまでに明らかにされていなかったオーリーを行った際の操作力について明らかにすることができた。

第4章では、実際のジャンプ台において上級スノーボーダーによる力・モーメント計測を行い、左右足部に発生する力・モーメントおよびモーメントのたわみ成分を計算し、解析を行った結果、第3章で示した緩やかな斜面上での力・モーメント計測の結果を比較して、斜面とジャンプ台における運動の違いを明確化することができた。本結果を指導書に明記することにより、違いを考慮した指導を行うことが可能となる。

第5章では、オーリーの指標となる運動学的な特徴について明らかにするため、各身体部位に慣性センサを搭載したワイヤレスモーションセンサを取り付けた上級スノーボーダーと中級スノーボーダーによるオーリー動作の計測実験・運動学的解析を行うことによって、オーリー動作を行うことによる各関節の運動とオーリー動作の有無による運動の違いを明確にすることができた。本結果は、これまでに明らかにされていなかったオーリーの運動のメカニズム解明だけでなく、指導方法の構築への利用が期待される。

第6章では、本論文を総括し、今後の展望を述べた。

## 論文審査結果の要旨

最終試験は、平成 30 年 7 月 10 日（火）11 時から 12 時 30 分まで理工学部 2 号館 401 会議室にて開催された博士論文公聴会において、論文内容及び関連する専門分野について学位審査委員会委員による口頭試問により行われた。主な質疑事項は次のようであった。

- (1) スノーボード動作におけるジャンプする際のオーリー動作等の本研究で得られたデータの指導書への適用について
- (2) スノーボード動作におけるオーリー動作において、スピードと斜度が本研究の実験条件と変化した際の本研究で得られたデータの適合性について
- (3) スノーボードのスキルレベルに応じた指導方法の確立への可能性について
- (4) 本実験で得られたデータからジャンプで転倒等する際のデータの定量化の可能性について
- (5) 本研究で使用している各パラメータにおける物理的意味について
- (6) センサ計測システムのシステム内容について
- (7) センサ計測システムにおけるセンサ数の影響について
- (8) 解析モデルにおける 3 次元姿勢推定法に使用される方程式の非線形性の処理方法について
- (9) 初心者が安全にジャンプ等を上達するため、また、中級者が安全にさらなるスキルアップをするための本研究で提案した計測システム、解析方法の指導書へ適用の展望について

以上のような口頭試問に対していずれも的確な回答がなされた。

本公聴会后、同場所にて開催した学位審査委員会において審議した結果、本学位審査委員会は飯泉知子が最終試験に合格し、博士（工学）として十分な資格があるものと判定した。