

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 3 日現在

機関番号：11401

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23700708

研究課題名（和文） 実滑走計測とシミュレーションによるスキー・ターンの運動解析と評価

研究課題名（英文） Evaluation and motion analysis of ski turns by simulation and measurement in gliding on actual snow field

研究代表者

廣瀬 圭（HIROSE KIYOSHI）

秋田大学・大学院工学資源学研究科・助教

研究者番号：50455870

研究成果の概要（和文）：本研究では、スキー・ターンの運動を明らかにするための解析法の開発と実際の雪面を滑走するスキーヤーによる計測実験を行い、これまで示されていなかった新しい運動情報を示した。計測システムは、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GPSレシーバを搭載した滑走軌跡計測システムを開発し、得られた計測情報からスキーヤーの関節角度、滑走速度を推定する方法を構築した。計測実験は、カービングターンとスキディングターンについて行い、運動解析を行うことによりターンの違いによる運動の違いを定量的に示した。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed the motion analysis method to clarify the motion of ski turns, and we conducted the measurement experiment by skier gliding on the actual snow field. Then, we indicated the new motion information of ski turns. The motion measurement system consists of the inertial and magnetic field sensor and the measurement system of gliding trajectory consists of GPS receiver were developed. Then we developed the estimation method of joint angles and gliding velocity using the measurement information. We conducted the measurement experiment about carving and skidding turns, and the results of motion analysis indicated the quantitative difference of motion.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：スポーツ科学

科研費の分科・細目：スポーツバイオメカニクス

キーワード：スキー、関節角度、滑走軌跡、滑走速度、センサ・フュージョン

1. 研究開始当初の背景

スキーは、冬季を代表とするスノースポーツであり、幅広い年齢に親しまれている。スキーは、産業規模も大きいことから、様々な分野において研究が行われており、工学分野においても、スキー・ターンのメカニズムを解明するために、スキーロボットの開発やスキー板の特性に関する研究等が行われている。ターンのメカニズムを解明するためには、実際の雪面を滑走するスキーヤーの運動情

報を取得する必要がある。しかし、スキーヤーは広大なフィールドを滑走するため、計測範囲が広いこと、氷点下であること、雪山における計測となるため、天候による影響を受けやすいこと等から、主としてスポーツの運動解析に用いられているデジタルビデオカメラによるDLT法を適用することは難しい。そこで、計測範囲による制限を受けず、かつ簡易に計測可能な計測システムを用いたスキーヤーの運動計測・解析が必要不可欠

であった。

2. 研究の目的

広い計測範囲に対応し、かつ簡易な運動計測法である、慣性センサ（ジャイロセンサ、加速度センサ）・地磁気センサを搭載した運動計測システムと GPS レシーバを搭載した滑走軌跡計測システムを開発し、実滑走におけるスキヤーの運動計測、解析を行い、ターンのメカニズム解明に有効な運動の特徴を定量的に示すことを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、図 1 に示す運動計測システムと、図 2 に示す滑走軌跡計測システムを開発し、スキヤーの運動計測に使用した。運動計測システムは、スキヤーの各身体部位（上部、腰部、大腿部、下腿部）とスキーブーツに取り付け、滑走軌跡計測システムはスキヤーの頭部に取り付けた。計測システムの取り付け位置を図 3 に示す。



図 1 運動計測システム



図 2 滑走軌跡計測システム

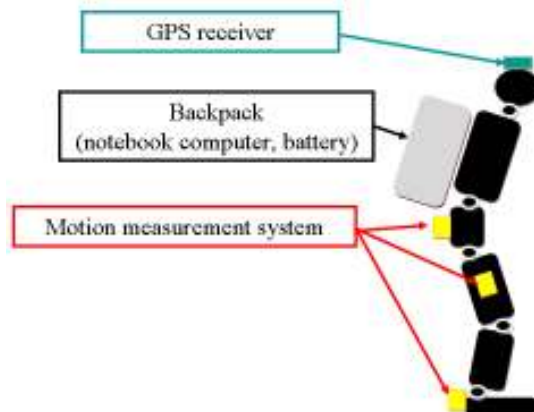


図 3 計測システム取り付け位置

運動計測システムから得られる計測情報にセンサ・フュージョンを適用することにより、姿勢情報を推定し、逆運動学を適用することにより、右股関節角度を算出した。姿勢推定法のブロック線図を図 4 に示す。また、滑走軌跡計測システムから得られる位置情報と姿勢情報、加速度情報を併用することにより、滑走速度を推定した。滑走速度推定法のブロック線図を図 5 に示す。

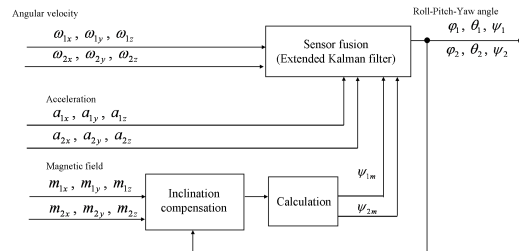


図 4 姿勢推定法のブロック線図

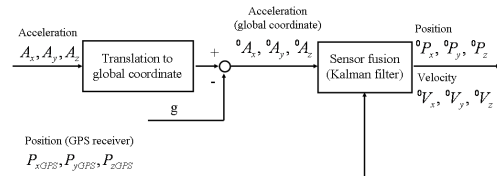


図 5 滑走速度推定法のブロック線図

本研究では、種類の異なるターンの運動解析を行うために、カービングターンとスキッピングターンによる計測を行った。スキヤーは、計測開始時にスキー板を斜面に対して平行になるようにした状態で約 5 秒間静止し、その後、平均斜度 10° の斜面を一定区間の助走を経て左右ターンを繰り返しながら滑走を行った。

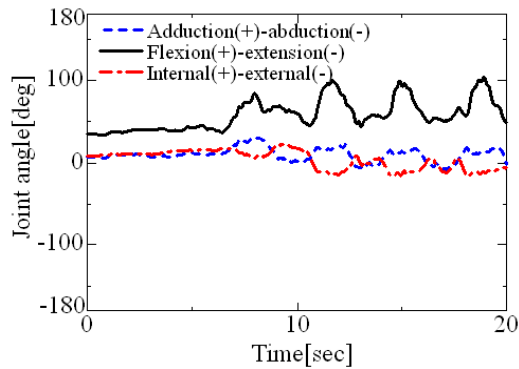
4. 研究成果

計測実験によって得られた情報から算出した関節角度（右股関節）の結果を図 6 に示し、滑走速度（X 軸速度、Y 軸速度、Z 軸速度、合成速度）の結果を図 7 に示す。

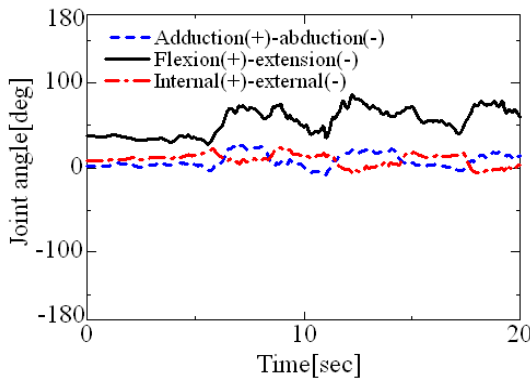
カービングターンとスキッピングターンの関節角度は、左右ターンを繰り返し行っていることから、屈曲運動と伸展運動が繰り返し行われている。また、カービングターンにおける屈曲角度は、スキッピングターンよりも大きな角度を示しており、内外旋角度においても、大きな内旋角度を示している。この結果は、姿勢を回転中心に深く傾げるための屈曲運動、上半身のひねり運動を行うための内旋運動を示している。合成速度に着目すると、カービングターンの速度はスキッピングターンの速度よりも速い速度を示しており、X 軸速度に着目すると、カービングターンの速度はターン横ずれによる速度の減

少しは少ないが、スキッピングターンの速度はターン横ずれによる影響により大きく速度が減少している。Y軸速度に着目すると、カービングターンの方が高速でターンしているため、Y軸速度の接線速度成分が大きく検出されている。

以上より、関節角度と滑走速度より、カービングターンとスキッピングターンの特徴を解析することができる。さらに、股関節の屈曲伸展運動とY軸速度を合わせて解析することで、スキー板の横ずれの発生による運動への影響等を解析することができた。



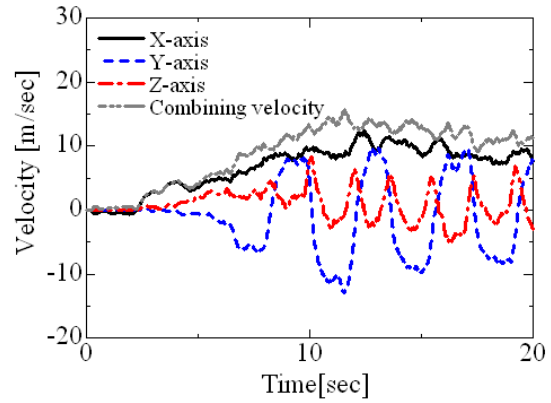
(a) カービングターン



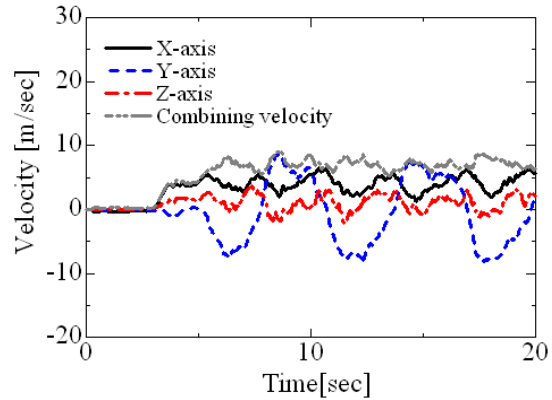
(b) スキッピングターン

図6 右股関節角度

右股関節の屈曲伸展角度とY軸速度を合わせた結果を図8に示す。Y軸速度がピーク値となる時、ターン移行期付近を表しており、カービングターンの結果においては、Y軸速度がピーク値となる時に伸展角度が大きくなっている。これは、ターン移行期にスキーヤーが姿勢を傾けた際にスキーヤーの姿勢を支えるために外足が伸展運動を行っていることを示している。また、屈曲角度が高い値となった際にもY軸速度がピーク値となっており、カービングターンを行うためにスキーヤーが雪面に対して身体を傾けるために、内足となる右足が屈曲運動を行っている。

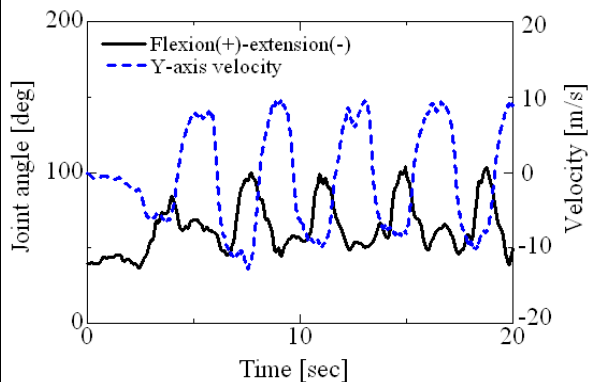


(a) カービングターン

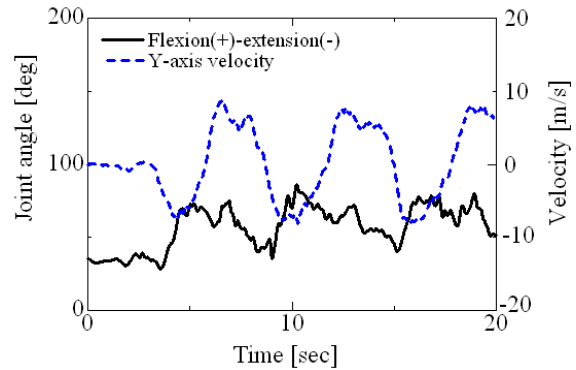


(b) スキッピングターン

図7 滑走速度



(a) カービングターン



(b) スキッピングターン

図8 右股関節の屈曲伸展角度とY軸速度

そして、Y軸速度の絶対値が減少するとともに、屈曲角度も減少していることから、ターン移行期からターン切り替え期にかけて姿勢を元に戻している。スキッピングターンの結果においては、Y軸速度がピーク値をとった後に伸展角度が大きくなっている。これは、ターン移行期に達した後に伸展運動を行っていることを示しており、その間のY軸速度は高い値を維持していることから、スキー板が横ずれを伴いながらターンを行っていることを示している。

以上より、関節角度と滑走速度を用いた運動計測、解析を行うことで、スキー・ターンの運動を詳細に捉えることができる。本研究では、ターン移行期、ターン切り替え期やスキー板の横ずれの影響を表しているY軸速度とスキーヤーの姿勢を保持するために重要な股関節の屈曲伸展角度を併用した解析を行い、異なるターンにおける外足の股関節伸展運動を行うタイミングの違い、スキッピングターンにおける横ずれの影響を明らかにした。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- (1) Kiyoshi Hirose and Hitoshi Doki, A proposal for the motion analysis method of skiing turn by measurement of orientation and gliding trajectory, The Impact of Technology on Sport IV, 査読有, 2011, 17-22.
- (2) 廣瀬圭, 土岐仁, 近藤亜希子, スキーヤーの関節角度・滑走速度計測によるスキー・ターンの運動解析に関する研究, スポーツ産業学研究, 査読有, 第22巻 第1号, 2012, 1-8.

[学会発表] (計2件)

- ① 廣瀬圭, 土岐仁, 近藤亜希子, スキーヤーの関節角度・滑走速度計測を用いたスキー・ターンの運動解析に関する研究, スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス 2011
- ② 土岐仁, 清水史郎, 廣瀬圭, 近藤亜希子, 永作清, 実滑走計測によるスキーヤーの下肢筋張力推定と運動解析に関する研究, 日本スキー学会第22回大会

[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]

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

廣瀬 圭 (HIROSE KIYOSHI)

秋田大学・大学院工学資源学研究所・助教

研究者番号：23700708